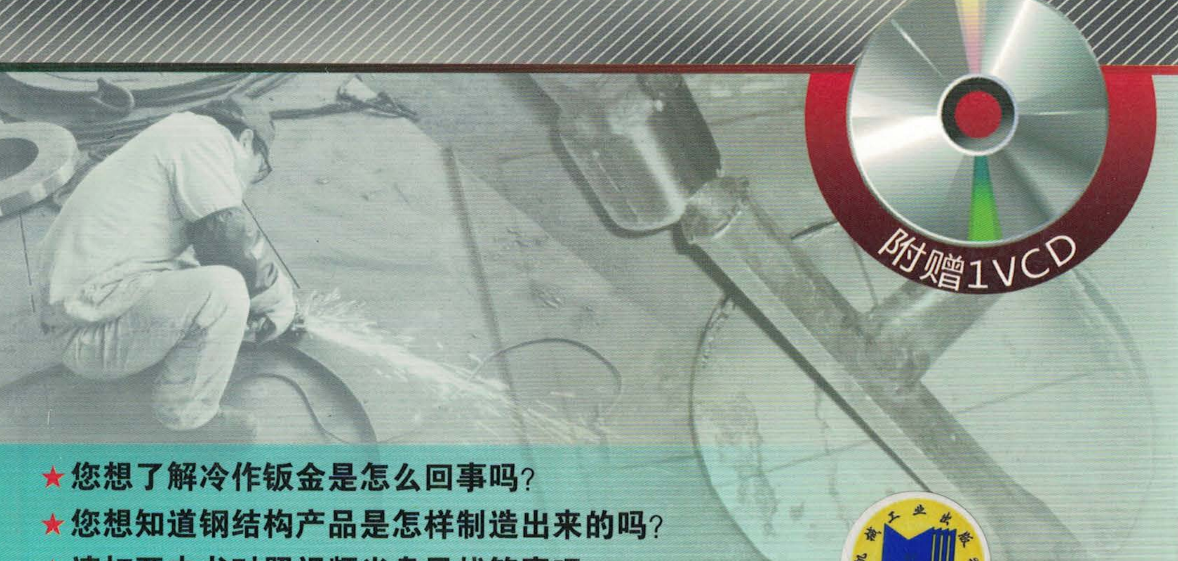
视听图解职业技能培训入门系列丛书

视听图解
冷作钣金工入门

谷定来 主编



★ 您想了解冷作钣金是怎么回事吗？
★ 您想知道钢结构产品是怎样制造出来的吗？
★ 请打开本书对照视频光盘寻找答案吧！
★ 这是一本带您轻松认知冷作钣金知识的视听科普读物！

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

视听图解职业技能培训入门系列丛书

视听图解

冷作钣金工入门

主　编　谷定来
副主编　王　莉　罗素杰
参　编　赵春爽　李　石　宋　光　刘　帅

机械工业出版社

您想了解冷作钣金是怎么回事吗？您想知道钢结构产品是怎样制造出来的吗？请打开本书对照视频光盘寻找答案吧！这是一本带您轻松认知冷作钣金知识的视听科普读物。

本书采用工厂实际生产中生动的实例图片，图解了冷作钣金的基本知识和基本技能，同时配备的视频光盘使得枯燥乏味的专业知识变得图文并茂、直观易学，激发您的学习兴趣，让您在视听中轻松地掌握冷作钣金工的知识。全书共分八个模块，内容包括冷作钣金工必备的基本知识、冷作钣金工认知入门、放样与号料、钢材的切割和预加工、钢材的弯曲、零件的连接、装配、冷作钣金工的相关知识。

本书非常适合冷作钣金工自学，还可作为职业技能培训学校和技校、职业技术学校的实习教材，同时还可供相关专业的工程技术人员和管理人员了解冷作钣金知识。

本书内容、图片和视频未经著作权人同意，不得擅自转载或引用，否则将追究当事人法律责任。

图书在版编目（CIP）数据

视听图解冷作钣金工入门/谷定来主编．—北京：机械工业出版社，2011.11

（视听图解职业技能培训入门系列丛书）

ISBN 978-7-111-35992-0

Ⅰ.①视…　Ⅱ.①谷…　Ⅲ.①钣金工—图解　Ⅳ.①TG38-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第198849号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）
策划编辑：何月秋　责任编辑：何月秋　王　珑
版式设计：霍永明　责任校对：肖　琳
封面设计：马精明　责任印制：乔　宇
北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）
2012年1月第1版第1次印刷
148mm×210mm・9.125印张・270千字
0001—4000册
标准书号：ISBN 978-7-111-35992-0
　　　　　ISBN 978-7-89433-231-8（光盘）
定价：35.00元（含1VCD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	策划编辑（010）88379732
社服务中心：(010)88361066	网络服务
销售一部：(010)68326294	门户网：http://www.cmpbook.com
销售二部：(010)88379649	教材网：http://www.cmpedu.com
读者购书热线：(010)88379203	封面无防伪标均为盗版

前　言

冷作钣金加工是在基本不改变材料断面特征的情况下，将金属板材、型材等加工成金属结构制品的方法。冷作钣金工是对金属板材进行冷、热态成形和铆接加工的人员。

冷作钣金加工的产品在日常生活中随处可见，如不锈钢杯子、炒勺、汽车的壳体、船体、桥梁、锅炉、工厂的屋架等；冷作钣金加工可以衍生出很多自成体系的工种，例如：

薄铁工——是用镀锌铁皮制作水箱、吸油烟机的烟筒及帽子、水桶、撮子等的人员。

放样工——能看懂图样并根据构件图样，按1∶1的比例（或一定的比例）在放样台（或平板）上画出其所需图形的人员。

冲压工——利用压力机和各种胎具，将板料制作成台阶形（如各种弹壳）、球形（如铁路槽车的封头）、压瓜皮（如制造大型球储罐用的球瓣）、日常生活用装配工——按规定的技术要求，将零件或部件进行配合和连接，使之成为半成品或成品的人员。常有压力容器装配工、船体装配工、箱体装配工、桁架装配工等。

火曲工—— 对板料进行加热，提高塑性后再弯曲，对管子或角钢进行冷弯或热弯的人员。

落料工、剪板工——用剪板机按号好的图样剪切钢板的人员。

刨边工——用刨边机或铣边机给钢板开坡口的人员，刨边可以使钢板在后序组对时焊透，保证焊接的强度和质量。

弯曲工、压弯工——用压弯机将钢板压成角钢或槽钢的人员。

滚圆工——用滚板机将钢板滚制成圆筒或圆锥筒的人员。

抛光工——利用砂轮修磨焊疤及飞边、用钢丝轮清铁锈和油漆、用布轮对工件进行抛光的人员。

综上可见，冷作钣金加工在制造业的应用非常广泛，大到船舶、桥梁，小到杯子、勺子，样样离不开冷作钣金加工。但许多人并不太清楚这一点。这与冷作钣金加工在制造业中的地位极不相称。有鉴于

此，从普及科学常识，提高冷作钣金加工“知名度”的角度出发，考虑到我国制造业的现状及技工学校、职业技术学校教学和用工单位的实际需求，用工厂生产压力容器的实例图片，突出实用的基本理论和基本技能，编写了这本通俗易懂的冷作钣金工入门。全书共分八个模块，内容包括冷作钣金工必备的基本知识、冷作钣金工认知入门、放样与号料、钢材的切割和预加工、钢材的弯曲、零件的连接、装配和冷作钣金加工的相关知识。书中采用了较多的工厂实际加工产品照片和学生专业实习照片，图文并茂、通俗易懂。同时为方便教学和读者自学，本书还配有对应的视频光盘，让人一看就明白各种设备及工序的作用，知道钢结构产品是怎样制造出来的。

本书由锦西工业学校谷定来主编，其中模块1由罗素杰编写，模块2由王莉编写，其余各模块均由谷定来编写。赵春爽、李石、宋光、刘帅参与编写。在编写过程中，有关老师、工厂的领导及师傅们给予了大力的支持和热情的帮助，在此一并表示衷心感谢。

本书对应的配套视频由谷定来拍摄并编写解说词。

如果您通过看图片及视频了解并掌握了一些冷作钣金加工的知识和技能，那我们就会非常欣慰，这也正是编写这本科普读物的初衷吧。

编者

光盘拍摄内容说明

配书光盘是以最新版的《国家职业技能标准》为依据，根据专业教师、工程技术人员、加工车间的技工通过多次研讨确定的方案拍摄的。它是站在初学者的角度，从产品的原材料开始，通过各工序的加工制作，直至产品完工喷漆。还拍摄了学生进行钣金放样，冷作实训的具体过程。读者看完光盘后，会明白冷作钣金工制造的产品、加工工序、加工工艺，知道各工序使用的设备名称及操作规程。明白冷作钣金工产品大而重的特点，干活时注意团结协作和安全生产。再把学生进行实训的视频与书结合，相信能够把初学者领入冷作钣金工之门。

光盘的具体内容

光盘模块	拍摄的内容	读者从哪些方面认知学习	光盘与书对应的情况
模块 1	料场的情形 用吊车吊运部件、产品的情形	了解冷作产品是集体作业，不定型、作业面大、部件较重的特点。对安全生产及团结协作有感性认识，掌握金属材料常用牌号的含义、常用的钢材尺寸表达方法	与职业道德 、安全防护、钢材的基本知识对应，也与书中模块 2 中的钢材尺寸表达方法对应
模块 2	磁力起动器的应用 转罐机的使用场合	了解磁力起动器也是一种吊运工具，了解转罐机的用途、动力输出路线。因为它在后面的模块中经常出现	与书对应。冷作工常用设备、工具及产品的简介视频放到了模块 4
模块 3	线图工放样	了解放样工具、放样工序，明白读懂产品图样的重要性，会熟练地使用放样工具	与书对应，书中列举的两个放样实例，其视频在模块 7
模块 4	钢材的气割和预加工	掌握剪切、气割、开坡口、钻孔、手工刨切及成形 掌握这些工序所使用的设备、工具、操作规程	与书对应

（续）

光盘模块	拍摄的内容	读者从哪些方面认知学习	光盘与书对应的情况
模块 5	钢板、钢管、圆钢的弯曲，带状钢板的滚压，封头的冲压	了解弯曲及冲压的各种设备 掌握操作的工艺规程	与书对应
模块 6	装配	正确地对零部件进行连接	连接属于装配，因此把几段（如正确的拧紧螺母的顺序）视频放到了装配模块中
模块 7	装配	了解圆筒立装、卧装、特大型圆筒、圆锥的地样装配方法 了解零部件的二次号料 掌握电动机机座的装配工艺 掌握换热器部件的装配工艺 掌握除尘器壳体的装配工艺 掌握煤气管道支架的装配工艺 掌握变形零件的矫正方法	与书对应
模块 8	焊工、钳工的基本操作简介	了解电阻焊、CO_2 气体保护焊、埋弧焊以及钳工的一些操作知识	与书对应

目 录

前言
光盘拍摄内容说明
模块 1 冷作钣金工必备的基本知识 …… 1
项目 1 职业道德 …… 1
项目 2 安全防护知识 …… 2
项目 3 冷作钣金工必备的识图知识 …… 4
项目 4 钢材的基本知识 …… 33
模块 2 冷作钣金工认知入门 …… 52
项目 1 冷作钣金加工制造的产品 …… 52
项目 2 冷作钣金加工常用的一些设备及工具 …… 61
项目 3 钢材的表示方法 …… 72
项目 4 冷作钣金加工的技术特点及安全 …… 75
项目 5 冷作钣金加工的基本工序 …… 83
模块 3 放样与号料 …… 94
项目 1 放样的步骤与作图类型 …… 94
项目 2 筒体及法兰的套料号料 …… 102
项目 3 煤气管道支架的放样号料 …… 109
项目 4 电动机底座的放样号料 …… 115
模块 4 钢材的切割及预加工 …… 121
项目 1 机械剪切 …… 121
项目 2 气割 …… 126
项目 3 开坡口 …… 137
项目 4 砂轮切割及工件钻孔 …… 143
项目 5 手工剋切及成形 …… 152
模块 5 钢材的弯曲 …… 161
项目 1 滚制圆筒 …… 161
项目 2 圆钢与管子弯曲 …… 166
项目 3 板料压弯 …… 179
项目 4 板料滚压成半管 …… 182

项目5　封头的冲压及开坡口 …… 185
模块6　零件的连接 …… 193
项目1　螺纹联接 …… 193
项目2　铆接 …… 196
项目3　胀接 …… 201
模块7　装配 …… 208
项目1　筒体、锥体的装配 …… 208
项目2　聚合釜、换热器的装配 …… 220
项目3　电动机机座的装配 …… 236
项目4　煤气管道支架的装配 …… 243
项目5　筒形除尘器筒体的装配 …… 248
项目6　换热器部件的装配 …… 253
模块8　冷作钣金加工的相关知识 …… 260
项目1　焊条电弧焊 …… 260
项目2　埋弧焊 …… 271
项目3　氩弧焊 …… 272
项目4　CO_2 气体保护焊 …… 272
项目5　电阻焊 …… 274
项目6　手工锯削 …… 274
项目7　攻螺纹与套螺纹 …… 275
项目8　錾削 …… 281
项目9　锉削 …… 282

模块1　冷作钣金工必备的基本知识

阐述说明

一个好的技工，必须具有良好的职业道德，高超的操作技能，熟知安全操作知识，保证在工作过程中做到“三不”原则：不伤害自己，不伤害他人，不被他人伤害。冷作钣金产品通过多道工序制作而成，各道工序的冷作钣金工都需要掌握一定的机械制图知识（线图工、装配工要精通）、金属材料知识，才能按加工工艺的要求制造出合格的产品。

项目1　职 业 道 德

1. 道德

道德是社会意识形态之一，是人们共同生活及其行为的准则和规范。

2. 职业道德

职业道德是道德的一部分，它是指人们在从事某一职业时，应遵循的道德规范和行业行为规范。

3. 职业道德修养

从业人员自觉按照职业道德的基本原则和规范，通过自我约束、教育、磨炼，达到较高职业道德境界的过程。职业道德可以从以下几方面培养：

1）热爱本职工作，对工作认真负责。

2）遵守劳动纪律，维护生产秩序。劳动纪律和生产秩序是保证企业生产正常运行的必要条件。必须严格遵守劳动纪律，严格执行工艺流程，使企业生产按预定的计划进行。

劳动纪律和生产秩序包括工作时间、劳动的组织、调度和分配、技术操作规程。必须严格按照产品的技术要求、工艺流程和操作规范进行生产加工。

3）相互尊重，团结协作。冷作钣金工主要生产钢结构产品，包括压力容器、桁架、船体、箱体等。需要冷作钣金工、起重工、车工、焊工、气割工、钳工等多工种合作，经过多道工序才能完成。每个车间、工段、班组的各个工种都完成相应的工作后，才能完成整个产品的制造。这就需要各车间、工段、班组、工种之间相互协调，为相关工种及工序创造有利条件和环境，达到一种“默契”的配合，否则将会影响产品的质量，延长产品的交货期。

4）钻研技术，提高业务水平。过硬的业务能力，是做好本职工作的前提，要努力提高自己的技术水平，不能满足现状。冷作钣金工制造的多为大型产品（如船体），要消耗大量的钢材，产品需经过多道工序、工种才能完成。每一道工序都是制造过程中关键的一环。若每道工序的人员业务能力都很强，就会提高工作效率，降低原材料的消耗，缩短生产周期，保证产品质量。

项目2　安全防护知识

1. 预防为主

冷作钣金工制造产品时经常变换地点，作业面较大，部件较重。涉及的加工设备种类较多，有剪板机、刨边机、铣边机、压力机、卷板机、弯管机、转罐机、气割机、焊接设备、台钻、吊车等，工具有锤子、大锤、扳手、直角尺、卷尺、无齿锯、手砂轮、撬棍、各种装配夹具等，不同的设备、工具，有不同的操作规范。在工作中，有时要与易燃、易爆气体接触（如气割），与压力容器接触（容器气压、水压试验），与电机、电器接触（各种设备工具的开关），有时还要登高作业（装配、焊接大型塔、聚合釜），还有可能接触有毒气体（维修石化生产中使用过的旧容器）、有害粉尘（对封头、筒体除锈抛光）等。因此，严格按操作规程操作是制造产品的必要前提。如果操作者缺乏必要的安全操作知识，或者违反操作规程，就有可能引

发各种不幸事故，重者会造成设备的损坏和人员伤亡。

2. 个人安全知识

1）工作时必须按该工序的操作要求穿戴劳保用品，如安全帽、工作服、手套（钻孔及在车床上抛光工件不允许戴）、口罩、眼镜（从事气割、刨边、铣边、磨削工作时）、工作鞋（有的绝缘、有的防滑、有的鞋面衬钢板，由所从事的工种来决定鞋子的类型），防止在操作过程中造成人员压伤、划伤、烫伤。电焊工进行电弧焊、等离子弧焊或切割等，需穿白色工作服（脖子上围条白毛巾），它能有效地防止弧光辐射，以防灼伤皮肤。

2）进行焊接、气割、磨削等操作时应戴好护目镜，防止弧光和飞溅物损伤眼睛。

3）工作场地的通风和照明良好，防止有害粉尘和有毒气体侵入人体，造成危害。在密闭的容器或仓室内操作时，除做好照明和通风（用风泵强制通风）以外，要有专人在容器外监护以防意外。

4）登高作业时需系好安全带，安全带应高挂低用，这样人体下落时可减少落差，更好地保障人身安全。

5）冷作钣金工是需要集体作业，协助配合，综合性较强的工种。通常为两个冷作钣金工一组（或三人一组），与他们配合的有吊车工、电焊工，每道工序都是如此。工艺流程为放样号料→切割（剪切、气割）→刨边（或铣边）→滚弯（将钢板卷成圆筒或加工成符合图样要求的圆弧）→装配（将几节圆筒组装到一起）。加工产品的部件较重、作业面大。无论哪道工序，都要注意自己和同伴是否安全，加工及吊运（吊钩的位置正确且挂牢）的过程是否有不安全的因素（因为每个车间里都有几组人在同时施工，互相间有干扰）。

6）电是各种设备运行的能源，各种设备应有可靠的保护接零或保护接地，防止意外。装配较长圆筒（塔、釜、换热器）内的零件时，使用移动照明灯的电源电压要 $<36V$，灯泡要有专用防护罩，防止灯泡损坏后电极外露引起触电事故。若用电设备出现故障，操作者不能擅自处理，应报告给供电车间，由维修电工进行设备及电路维修。电焊工操作时，要注意焊钳的绝缘和操作安全。进行气割时氧气

瓶距离乙炔气瓶、明火或热源的间距应大于5m，气瓶应直立使用，并有防止倾倒措施。氧气瓶、乙炔气瓶中的气体不能用尽，当氧气表的低压值在0.1～0.3MPa、乙炔表的低压值在0.02～0.03 MPa时就要关闭阀门将钢瓶送去充气，防止乙炔气倒流发生回火事故。

项目3 冷作钣金工必备的识图知识

1. 正投影及三视图的投影规律

（1）正投影的基本知识

1）投影法的概念。投射线通过物体向选定的投影面投射得到图形的方法称为投影法，所得到的图形称为投影（投影图），得到投影的平面称为投影面。

2）绘制机械图样时采用正投影法（投射线垂直投影面），所得到的投影即正投影，如图1-1所示。

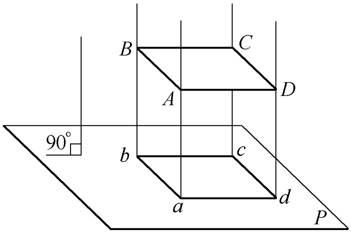


图1-1 正投影

（2）正投影的基本性质

1）显实性。平面（或直线）与投影面平行时，其投影反映实形（或实长）的性质，称为显实性，如图1-2a所示。

2）积聚性。平面（或直线）与投影面垂直时，其投影为一条直线（或点）的性质，称为积聚性，如图1-2b所示。

3）类似性。平面（或直线）与投影面倾斜时，其投影变小（或变短），但投影的形状与原来形状相类似的性质，称为类似性，如图1-2c所示。

2. 三视图

（1）三视图的形成

物体放在图1-3所示的三投影面体系中，向*V*、*H*、*W*三个投影面作正投影得到物体的三视图，如图1-4所示。物体的正面投影（*V*）为主视图，水平投影（*H*）为俯视图，侧面投影（*W*）为左视图。为了画图方便，需将三投影面展开，方法如图1-5所示。

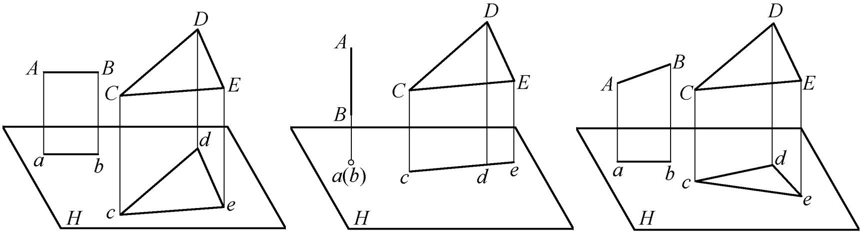


图 1-2 正投影的基本性质

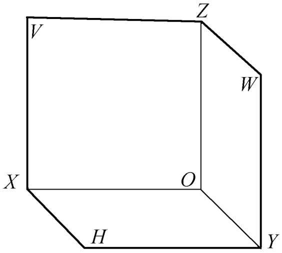


图 1-3 三投影面体系

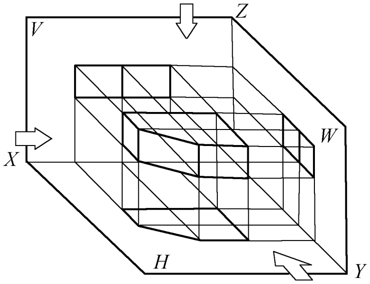


图 1-4 三视图的形成

1）主视图（*V*）：正对着物体从前向后看，得到的投影。

2）俯视图（*H*）：正对着物体从上向下看，得到的投影。

3）左视图（*W*）：正对着物体从左向右看，得到的投影。

（2）三视图之间的位置关系

物体的三视图不是相互孤立的，主视图放置好后，俯视图在主视图的正下方，左视图在主视图的正右方。位置关系如图 1-5b 所示。

（3）三视图之间的尺寸关系

1）物体的一面视图只能反映物体两个方向的尺寸，如图 1-5c 所示。

- 主视图（*V* 面视图）：反映物体的长和高。
- 俯视图（*H* 面视图）：反映物体的长和宽。
- 左视图（*W* 面视图）：反映物体的高和宽。

2）三视图之间有以下的“三等”关系：

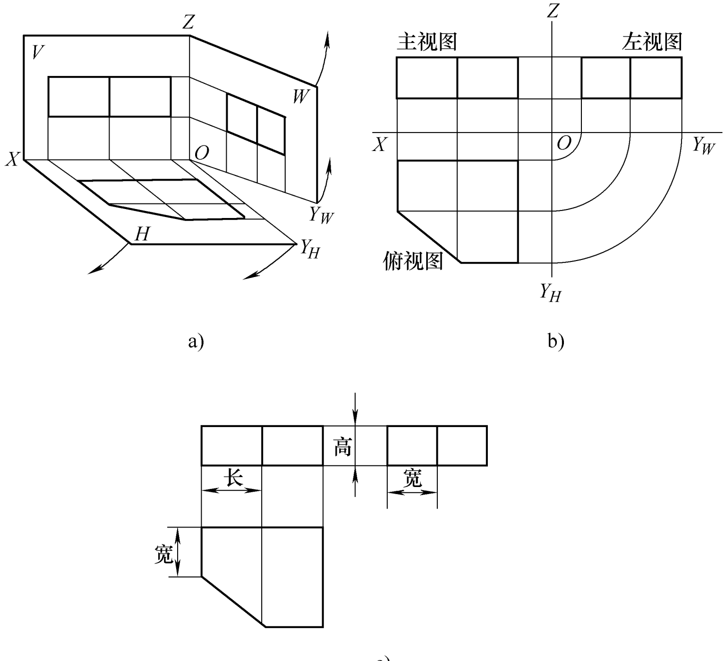


图 1-5 三视图的展开

- 主视图与俯视图长对正；
- 主视图与左视图高平齐；
- 俯视图与左视图宽相等。

物体的投影规律“长对正，高平齐，宽相等”是画图及看图时必须遵守的规律。

3. 点、线、面的投影

（1）点的投影

1）空间点用大写字母表示（如图 1-6a 中 *S* 点），点 *S* 在 *H*、*V*、*W* 各投影面上的正投影，分别表示为 *s* 、*s*′、*s*″，如图 1-6b 所示。投影面展开后得到如图 1-6c 所示的投影图。

2）点、线、面是构成空间物体的基本元素，识读物体的视图，必须掌握点、线、面的投影。

（2）点的投影规律

由图1-6c所示的投影图可看出点的三面投影有如下的规律：

1）点的 V 面投影和 H 面投影的连线垂直于 OX 轴，即 $ss' \perp OX$（长对正）。

2）点的 V 面投影和 W 面投影的连线垂直于 OZ 轴，即 $s's'' \perp OZ$（高平齐）。

3）点的 H 面投影到 OX 轴的距离等于其 W 面投影到 OZ 轴的距离，$ss_X = Os_{Y_H} = Os_{Y_W} = s''s_Z$（宽相等）。

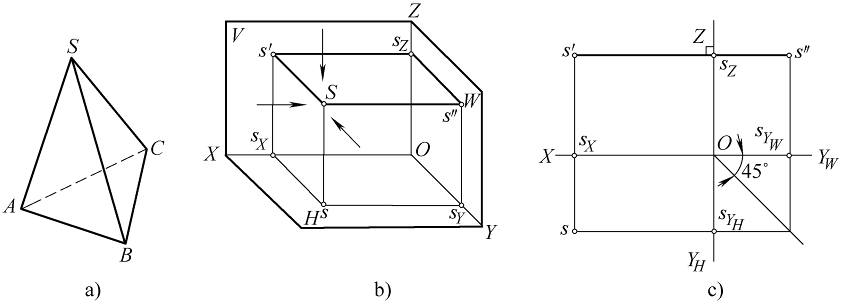


图1-6　点的投影

（3）直线的投影

由直线上任意两点的同面投影来确定，如图1-7中为线段的两端点 A、B 的三面投影，连接两点的同面投影得到的 ab，$a'b'$，$a''b''$，就是直线 AB 的三面投影。直线的投影一般仍为直线。

1）一般位置直线：对三个投影面都倾斜的直线称为一般位置直线。图1-7所示的 AB 就是一般位置直线，其投影特性为“三面投影均是小于实长的斜线”。

2）投影面平行线：平行于一个投影面，与另两个投影面倾斜的直线称为投影面平行线。平行于 V 面的直线称为正平线；平行于 H 面的直线称为水平线；平行于 W 面的直线称为侧平线。其投影特性为“平行面上投影为实长线，其余两面是短线”，如图1-8所示为正平线的投影。

3）投影面垂直线：垂直一个投影面，平行于另两个投影面的直线，称为投影面垂直线。垂直于 V 面的直线称为正垂线；垂直 H 面的

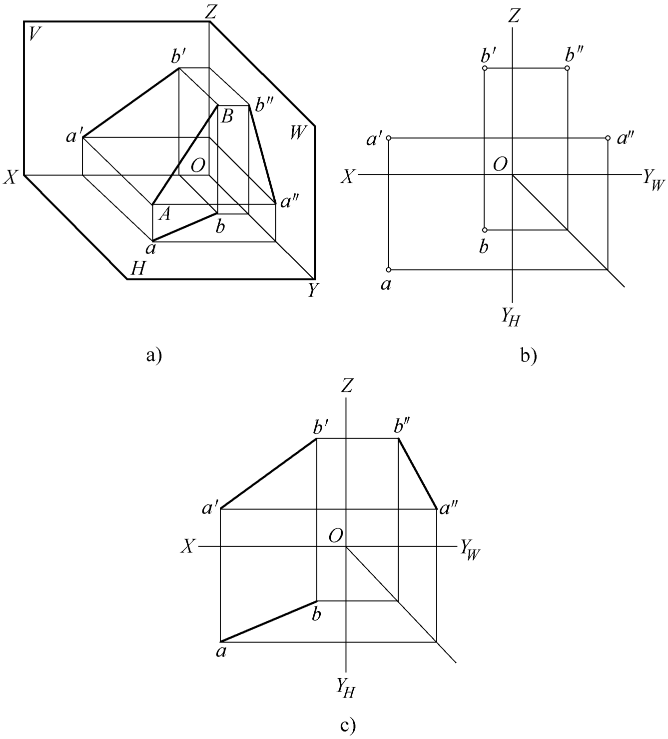
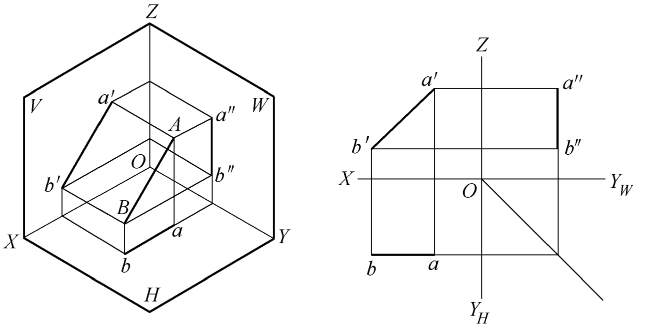


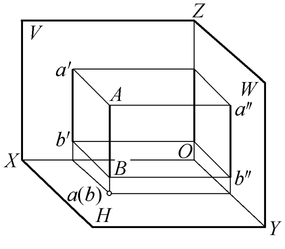
图 1-7 直线的三面投影



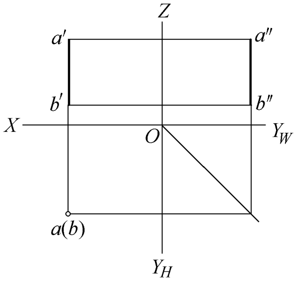
a) 直观图　　b) 投影图

图 1-8 正平线

直线称为铅垂线；垂直于 *W* 面的直线称为侧垂线。其投影特性为“垂直面上投影为点，其余两面是实长线”，如图 1-9 所示为铅垂线的投影。



a) 直观图



b) 投影图

图 1-9 铅垂线

（4）平面形的投影

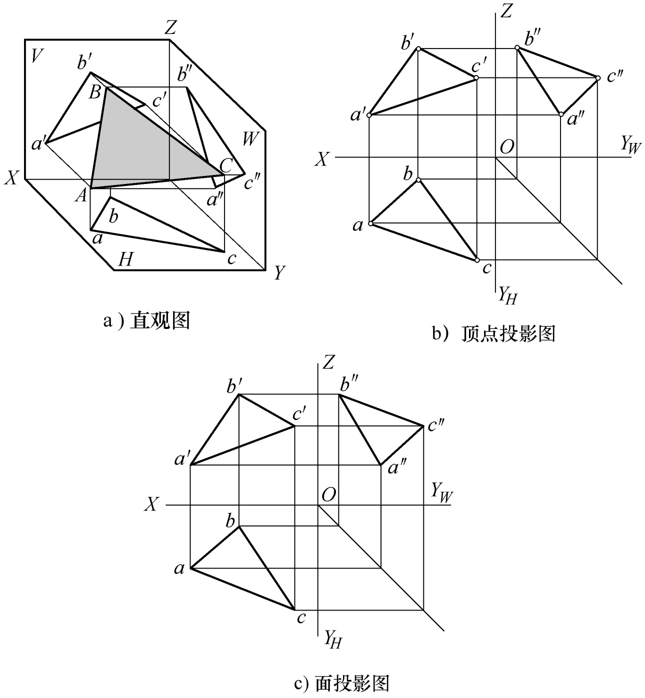
平面形的投影仍以点的投影为基础，先求出平面形上各顶点的投影，然后将平面形上的各个顶点的同面投影依次连接。如图 1-10 所示，平面形的投影一般仍然为平面形。

1）一般位置平面：与三个投影面都倾斜的平面称为一般位置平面。其投影特性为“三面投影均是与空间平面形类似的平面形”，如图 1-10c 所示。

2）投影面垂直面：垂直于一个投影面，与另两个投影面倾斜的平面。垂直于 *V* 面的称为正垂面；垂直于 *H* 面的称为铅垂面；垂直于 *W* 面的称为侧垂面。其投影特性为“垂直面的投影是线段，另两个投影面均是与空间平面形类似的平面形”，如图 1-11 所示为铅垂面的投影。

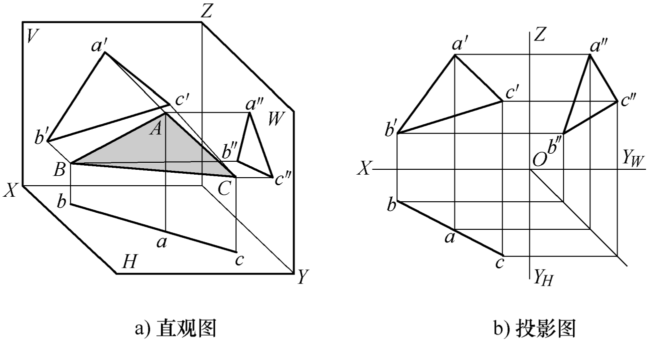
3）投影面平行面：平行于一个投影面，垂直于另两个投影面的平面。平行于 *V* 面的称为正平面；平行于 *H* 面的称为水平面；平行于 *W* 面的称为侧平面。其投影特性为“平行面的投影是实形，另两个投影面均是线段”，如图 1-12 所示为水平面的投影。

例：如图 1-13 所示，分析正三棱锥中的各面 *ABC*、*SAB*、*SAC*、



a）直观图　b）顶点投影图　c）面投影图

图 1-10　平面形的投影

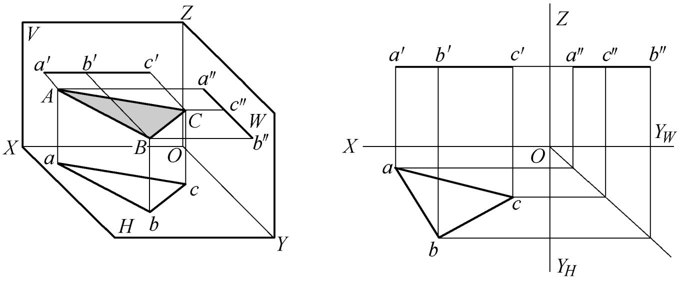


a) 直观图　b) 投影图

图 1-11　铅垂面的投影

SBC 及线段 *AB*、*AC*、*BC* 和 *SA*、*SB*、*SC* 的空间位置。

解：正三棱锥有四个面，面 *ABC* 的水平投影是平面形，另两投



a) 直观图　　b) 投影图

图 1-12　水平面的投影

影为直线，所以是水平面。面 *SAB*、*SBC* 的三面投影均为空间平面形的类似形，所以为一般位置平面。面 *SAC* 侧面投影是一斜线，另两投影是类似形，所以为侧垂面。

线段 *AB*、*AC*、*BC* 其水平投影是斜线，正面和侧面投影为直线段，所以为水平线。

线段 *SB* 侧面投影为斜线，正面和水平面投影为直线段，所以是侧平线（*SB*∥*W* 面）。

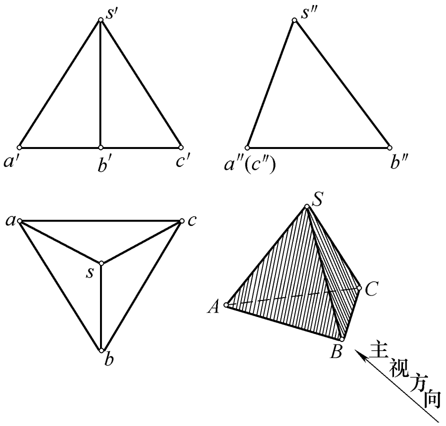


图 1-13　正三棱锥的三视图

线段 *SA*、*SC* 三面投影均为斜线所以是一般位置直线。

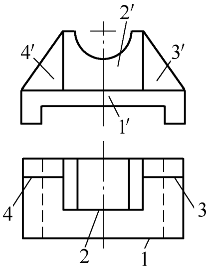
4. 组合体三视图的读图方法

（1）形体分析法

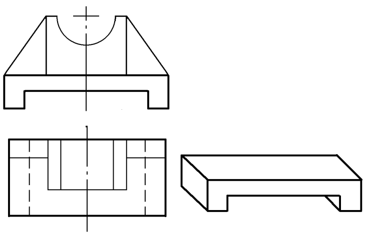
将反映形状特征比较明显的视图按线框分成几部分，然后通过投影关系，找到各线框在其他视图中的投影，分析各部分的形状及它们之间的相互位置，最后综合起来想象组合体的整体形状。主要适用于叠加类组合体视图的识读。

例：轴承座三视图的识读

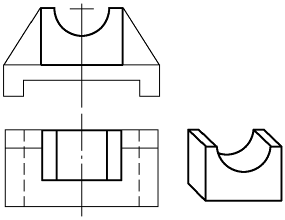
识读步骤：如图 1-14 所示，a→b→c→d→e。



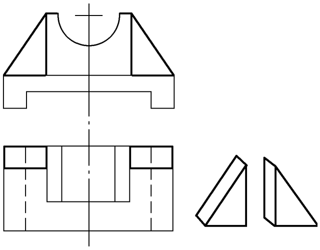
a) 主、俯视图



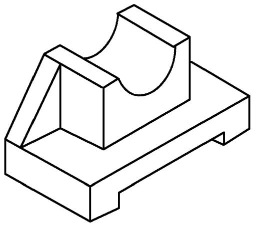
b) 分析1想出底板形状



c) 分析2想出上部形状



d) 分析3、4想出肋板形状



e) 综合后想出轴承座的整体形状

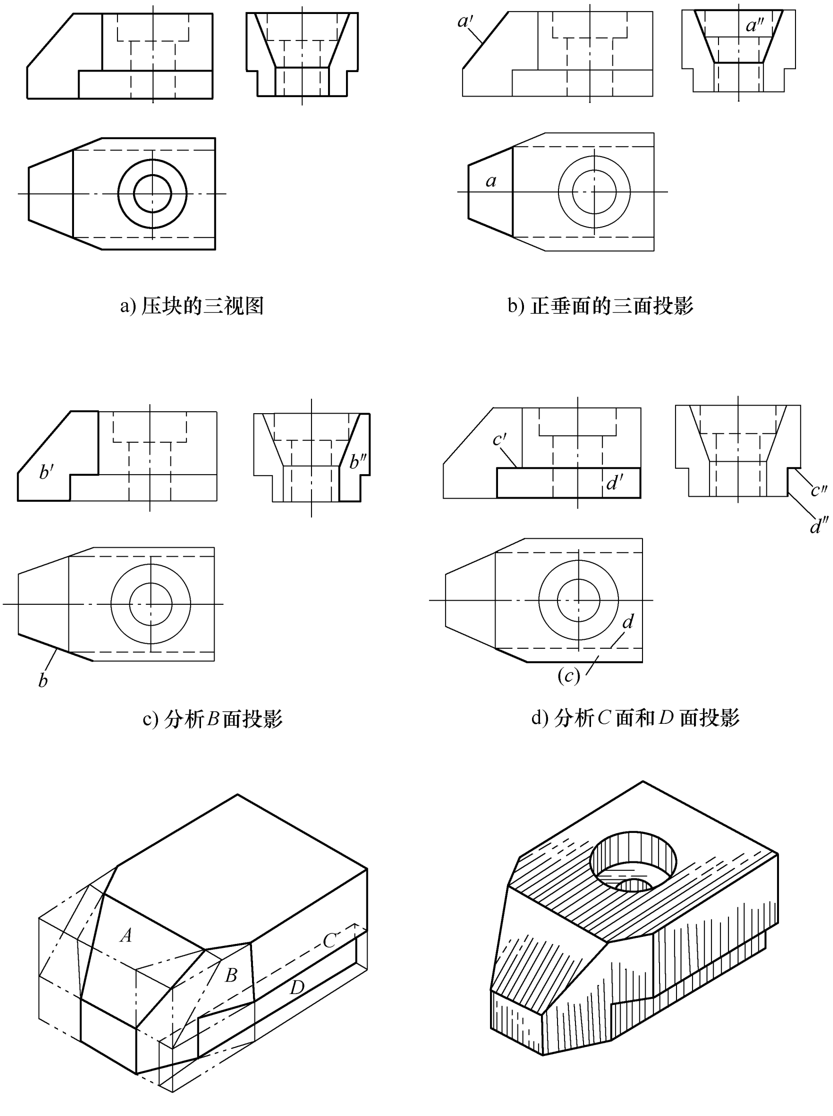
图1-14　轴承座的看图方法

（2）线面分析法

运用投影规律，将物体表面分解为线、面等几何要素，通过识别这些要素的空间位置形状，进而想象出物体的形状。适用于切割类组合体视图的识读。

1）首先依据压块的三视图（图1-15a）作“简单化”的形体分析，三个视图基本轮廓都是矩形（只切掉了几个角），因此它的“原

型”是长方体。



a) 压块的三视图

b) 正垂面的三面投影

c) 分析*B*面投影

d) 分析*C*面和*D*面投影

e) *A*、*B*、*C*、*D*面空间位置

f) 综合想出压块的立体图

图 1-15 压块的看图方法

2）垂直面（一面的投影是线段，另两面是类似形）切割形体时，要从该平面投影积聚成直线的视图开始看起，然后在其他两视图上依据线框找类似形（边数相同、形状相似）。

主视图左上方的缺角是用正垂面切出的，该面 *A* 在各视图的投影，如图 1-15b 所示。俯视图左端的前后切角是分别用两个铅垂面切出的，该面 *B* 在各视图的投影，如图 1-15c 所示。俯视图下方前后缺块，分别是用正平面和水平面切出的，面 *C*、面 *D* 在各视图的投影，如图 1-15d 所示。

3）“还原”切掉的各角和缺块，*A*、*B*、*C*、*D* 各面的情况，如图 1-15e 所示。

4）综合后想出压块的整体形状，如图 1-15f 所示。

5. 剖视图

机件的内部结构形状复杂，视图中的投影出现较多虚线，如图 1-16a 所示，为了使得机件内部结构表达更清楚，则采用剖视图的方法。

（1）剖视图的定义

假想用剖切平面剖开机件，将处在观察者和剖切平面之间的部分移去，如图 1-16b、1-16c 所示。而将其余部分向投影面投射所得的图形，称为剖视图，简称剖视。如图 1-16d 所示。

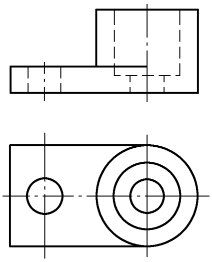
（2）剖视图的画法

1）剖切位置适当，剖切平面应尽量多的通过所要表示的内部结构，如孔的中心线或对称平面，且平行于基本投影面（*V* 面、*H* 面、*W* 面）。

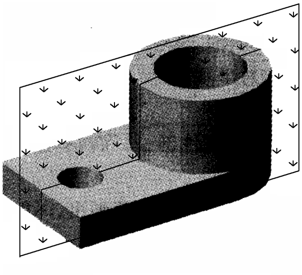
2）内外轮廓画全。被剖切平面剖到的内部结构和剖切平面后面的所有可见轮廓线都要画全。除特殊结构外，剖视图中一般省略虚线投影。

3）剖面符号要画好。剖切平面剖到的实体结构应画上剖面符号。金属材料的剖面符号是与水平方向成 45°的相互平行间隔均匀的细实线。

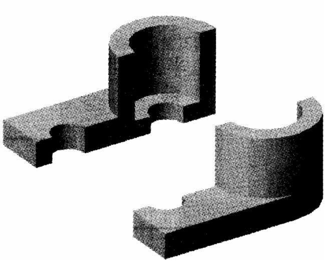
4）与其相关的其他视图要保持完整。因为剖切是假想的，所以其他视图仍要按完整机件绘制。



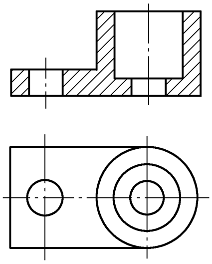
a) 机件视图



b) 剖切机件



c) 移去剖切面与观察者之间的部分



d) 剖视图

图 1-16　剖视图的形成

（3）剖视图的种类

1）全剖视图：用剖切面完全剖开机件得到的剖视图称为全剖视图，如图 1-16d 所示。

2）半剖视图：当物体具有对称平面时，在垂直于对称平面的投影面上投射所得的图形，以对称中心线为界，一半画成剖视图，另一半画成视图，这种剖视图称为半剖视图。如图 1-17 所示。

3）局部剖视图：用剖切平面局部地剖开机件所得到的剖视图，称为局部剖视图（不宜采用全剖或半剖表示出机件的内部结构），如图 1-18 所示。

（4）剖切方法

1）旋转剖：用几个相交的剖切平面（交线垂直于某一基本投影

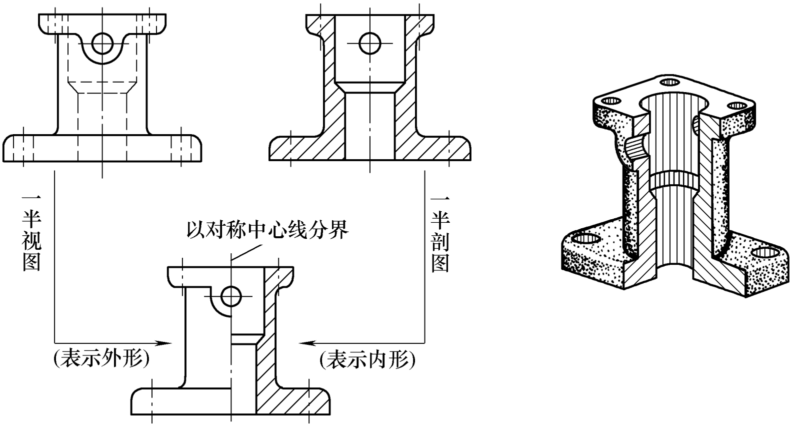
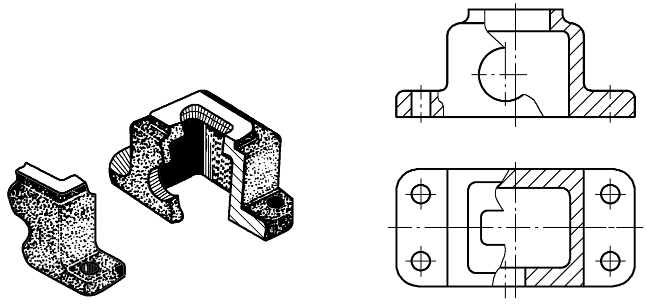


图 1-17　半剖视图的概念



a) 立体图　　b) 剖视图

图 1-18　局部剖视图

面）剖开机件的方法称为旋转剖。画此类剖视图时，应将被倾斜基本投影面的剖切平面剖到的结构及其有关部分先旋转到与选定的投影面平行，再投射。如图 1-19 所示。

2）阶梯剖：用几个与基本的投影面平行的剖切平面，剖开机件的方法称为阶梯剖，如图 1-20（平行 *V* 面）所示。

6. 断面图

假想用剖切面将物体的某处切断，仅画出该剖切面与物体接触部分的图形，称为断面图，简称断面（需要表达机件某处断面形状

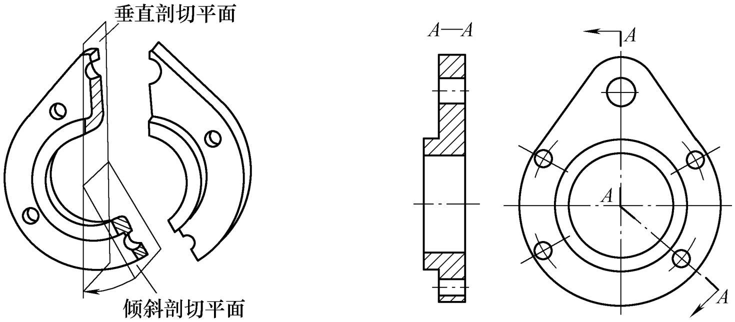
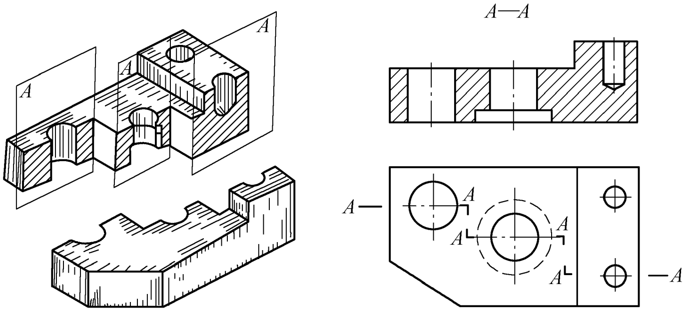


图 1-19　旋转剖



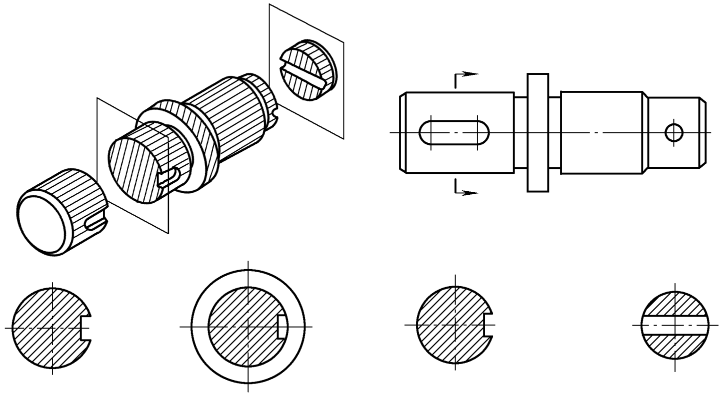
a) 立体图　　b) 剖视图

图 1-20　阶梯剖

时)，如图 1-21 所示。

1）移出断面。画在视图轮廓之外的断面，如图 1-21、图 1-22 所示。轮廓线用粗实线绘制，尽量配置在剖切线的延长线上，必要时也可配置在其他适当位置。若剖切平面通过由回转面形成的孔或凹坑的轴线时，这些结构按剖视绘制，如图 1-21d 所示；当剖切平面通过非圆通孔时，这些结构按剖视绘制，如图 1-23 所示。由两个或多个相交的剖切平面剖切得出的移出断面，中间一般应断开，如图 1-24 所示。

2）重合断面。画在视图轮廓线内的断面，如图 1-25、图 1-26、图 1-27 所示。重合断面的轮廓线用细实线绘制。当视图中的轮廓线与重合断面的图形重叠时，视图中的轮廓线仍须完整地画出不间断，



a) b) c) d)

图 1-21 断面图

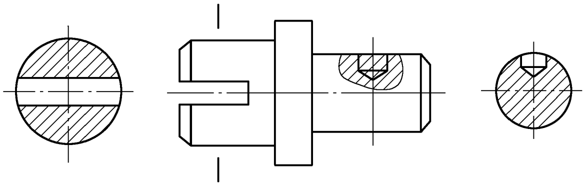


图 1-22 回转面形成结构的移出断面

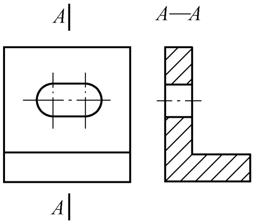


图 1-23 非圆通孔的断面图

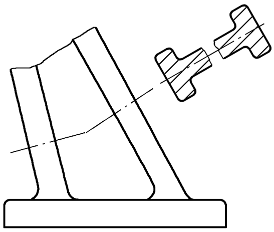


图 1-24 多个面的断面图

如图 1-26 所示。

7. 局部放大图

将机件的部分结构用大于原图形所采用的比例画出的图形，称为局部放大图。如图 1-28 所示。目的是为了使机件上细小的结构表达清楚，便于绘图时标注尺寸和技术要求。

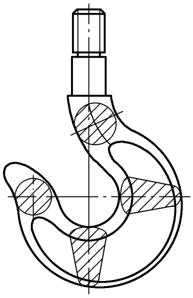


图 1-25　吊钩重合断面

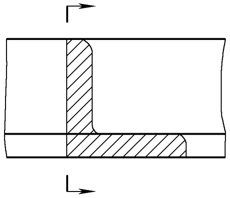


图 1-26　角钢的重合断面

8. 相同结构的简化画法

1）相同结构孔的画法：标明数量及孔的直径，如图 1-29 所示。

2）相同齿或槽结构的画法：要标明数量，如图 1-30 所示。

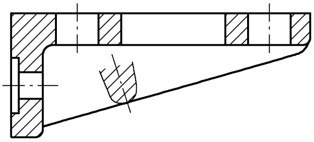


图 1-27　肋板的重合断面

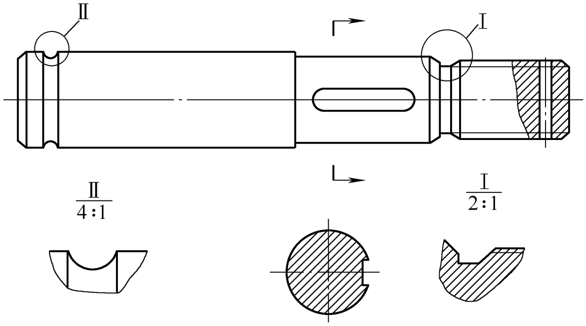


图 1-28　局部放大图

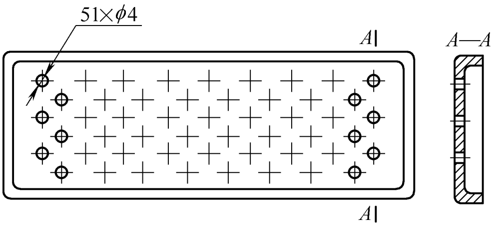


图 1-29　相同孔的画法

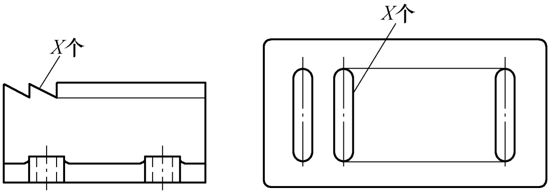
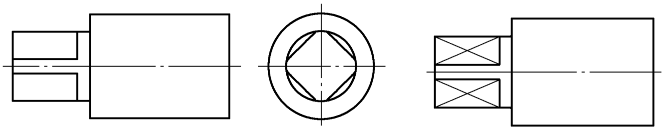


图 1-30　相同齿槽结构的画法

3）平面的示意画法（图 1-31）：是用两条相交的细实线来表示平面，如图 1-31b 所示。



a) 主、左视图表示平面　　b) 用两条相交的细实线表示平面

图 1-31　平面的示意画法

4）肋板、轮辐等结构的画法：机件上的肋板、轮辐、薄壁等结构，如纵向剖切都不画剖面符号，而且用粗实线将它们与其相邻结构分开，如图 1-32 所示。当零件回转体上均匀分布的肋、轮辐、孔等结构不在剖切平面上时，可将这些结构旋转到剖切平面上画出，如图 1-33 所示。

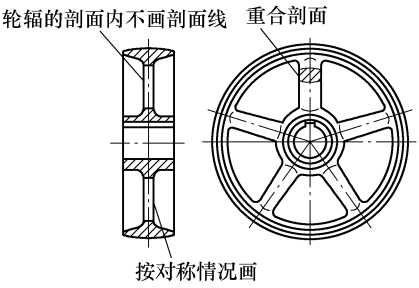


图 1-32　轮辐的画法

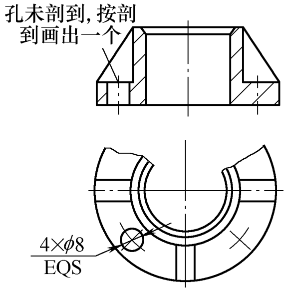


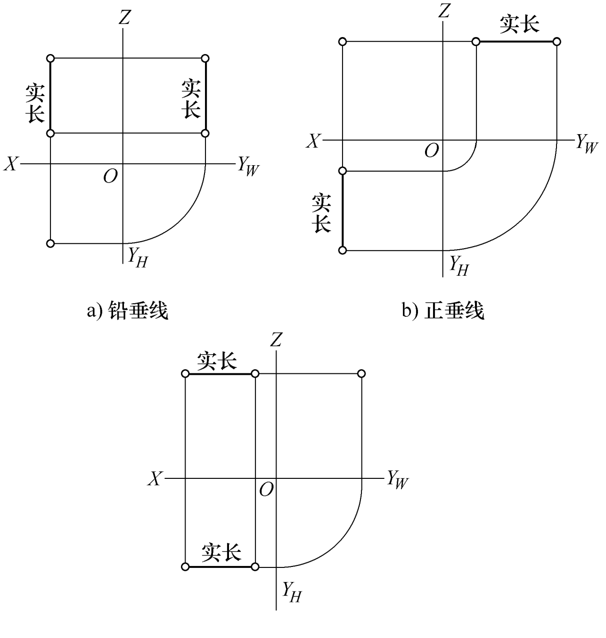
图 1-33　剖视图上的规定画法

9. 求线段的实长

构件表面上有各种线段，并非所有的线段都反映实长，要准确地判断线段是否为实长，对于一般位置线要会求出其实长。

（1）垂直线和平行线的实长

垂直线有两面的投影为实长，平行线有一面的投影为实长，如图 1-34、图 1-35 所示。



a) 铅垂线　　b) 正垂线

c) 侧垂线

图 1-34　垂直线的投影

（2）用直角三角形法求一般位置线段实长

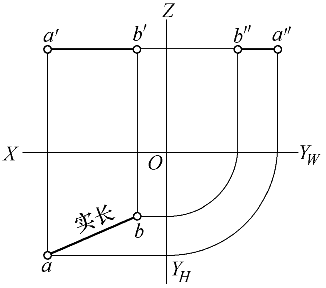
直角三角形求实长的方法如图 1-36 所示。

例：求天圆地方表面一般位置线的实长，如图 1-37 所示。

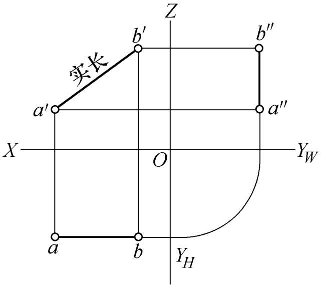
小结　直角三角形法求线段的实长：

1）作一个直角三角形，直角的一边等于一般位置线段在某一基

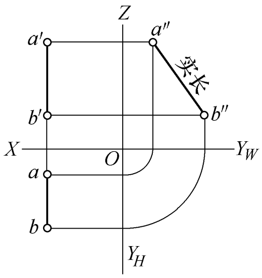
本投影面的投影长，另一个直角边是该线段在另两个视图遵循投影规律求得的长度。



a) 水平线



b) 正平线

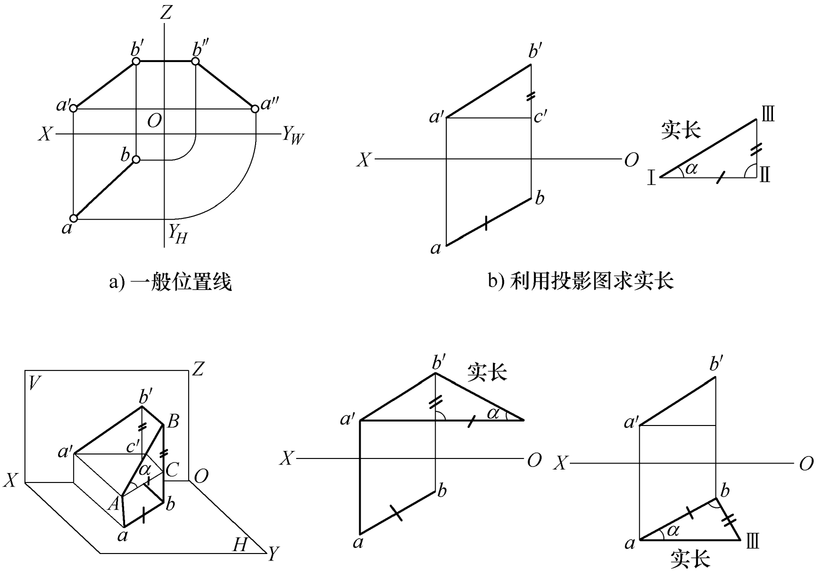


c) 侧平线

图 1-35　平行线的投影

2）连接直角的两边端点，斜边就是该一般位置线段的实长。

分析：图 1-36b、1-36d、1-36e 中，一般位置线段 *AB* 实长的求法，一个直角边是 *AB* 在俯视图的投影长 *ab*，另一个直角边是 *AB* 在主或左视图（另两个视图）遵循投影规律求得的长度 *b′c′*。图 1-37 天圆地方上有 4 条一般位置线段 1*B*、2*B*、3*B*、4*B*，其中 1*B* = 4*B*、2*B* = 3*B*，利用线段在俯视图的投影，在主、左视图要遵循的投影规律，求出各线的实长（在视图外作图，是为了使图面清晰，避免在求实长时各种图线混淆，利用“高平齐”的投影规律使作图方便快捷）。



a) 一般位置线　　b) 利用投影图求实长

c) 直观图　　d) 利用投影图求实长　　e) 利用投影图求实长

图 1-36　直角三角形法求实长

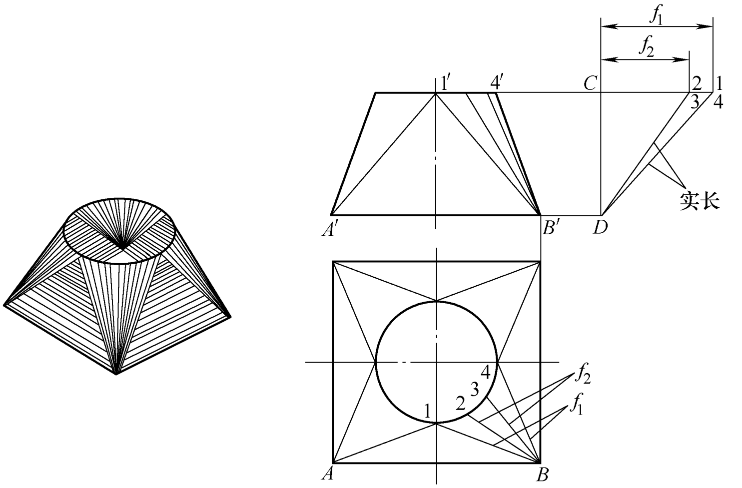
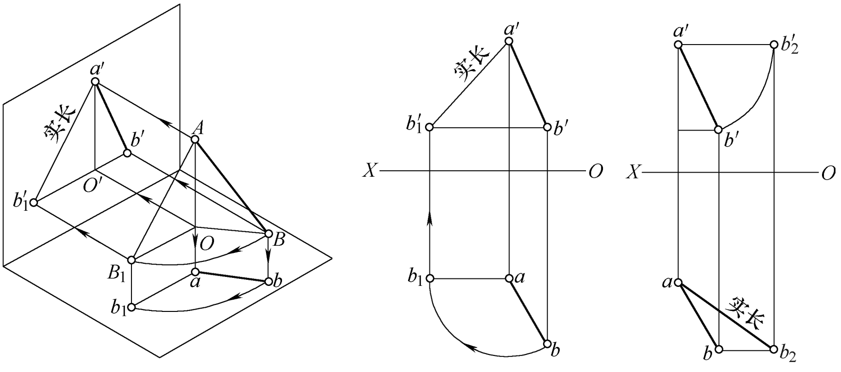


图 1-37　直角三角形法求圆方过渡接头的实长（天圆地方）

（3）用旋转法求一般位置线段的实长

实质就是将一般位置线段旋转成某一基本投影面的平行线段，如图 1-38 所示。



a) 空间投影　　b) 旋成正平线　　c) 旋成水平线

图 1-38　用旋转法求一般位置线段的实长

例：用旋转法求斜圆锥表面素线的实长，如图 1-39 所示。

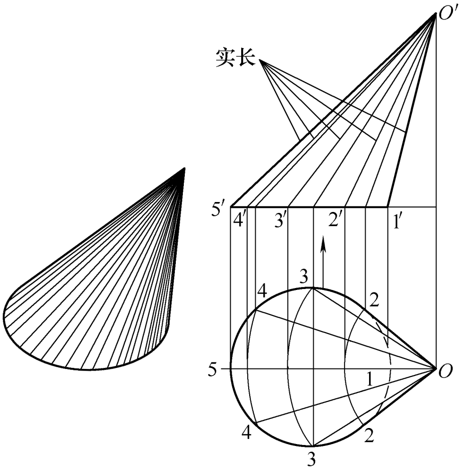


图 1-39　用旋转法求斜圆锥表面素线的实长

旋转法作图的要领：

1）以线段的一个端点为轴，旋转另一端点直到该线段与某投影面平行。

2）作线段旋转后的端点向与之平行的投影面的投影，则该投影反映实长。

分析：图1-38b，俯视图的 a 点不动，旋转 b 点。直到 ab_1 线段与 V 面平行（$ab_1 /\!/ XO$），将 b_1 向主视图作投影，截取高度 $b_1' = b'$（b 点在旋转的过程中，到水平面的高度不变，因此主视图上旋转前的投影 b' 与旋转后的投影 b_1' 高度相同）。图1-38c 的主视图 a' 点不动，旋转 b' 点直到线段与 H 面平行（$a'b_2' /\!/ XO$），将 b' 向俯视图作投影，截取 b 到 XO 的距离（b 点在旋转的前后到 V 面的距离不变）。

解：求实长是为展开图（构件的表面平摊到一个平面上，表面上所有的线都是实长线）打基础，将图1-39 斜圆锥俯视图的圆周8等分，由顶点分别连接各等分点，把圆锥的表面划分成8个三角形，五条线段 $O1$、$O2$、$O3$、$O4$、$O5$，其中 $O1$、$O5$ 是正平线，主视图的投影反映实长 。$O2$、$O3$、$O4$ 是一般位置线，O 点不动，旋转线段的另一端点2、3、4，直到各线段处于正平线的位置，然后各点向主视图投影，依次把各点与 O' 连接，则 $O'2'$、$O'3'$、$O'4'$ 就是 $O2$、$O3$、$O4$ 的实长。

（4）用换面法求一般位置线段实长

利用新的与空间线段平行的投影面，替换原来的投影面，则线段在新的投影面的投影，就能反映实长，如图1-40、图1-41 所示。

解：图1-40 中的线段 ab、$a'b'$ 分别是一般位置的线段在俯视图和主视图中的投影，但在主视图和俯视图的投影均不反映实长，作一个新的投影面（与一般位置线段平行的铅垂面，该面在 H 面的投影是直线 X_1O_1），该线段向新的投影面投影，这时线段在空间的高度位置没有改变，即线段的两端点到 H 面的距离没有改变。然后将得到结果的新投影面放置到与 H 面重合，俯视图上就得到了线段的实长 a_1b_1。

解：图1-41 中正垂面 P_V 截切正三棱锥，要先求出截断面在俯视图的投影，然后才能用换面法求出截断面的实形。具体作法如下：

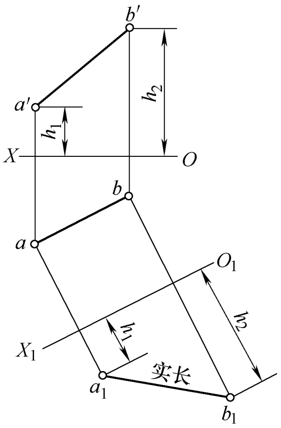


图 1-40 换面法求线段实长

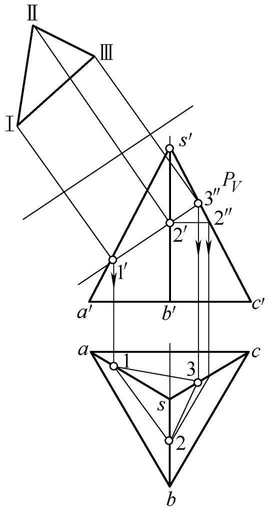


图 1-41 换面法求正三棱锥截断面实形

1）按长对正在俯视图上得到 1、3 点。

2）过 2′做 b′c′的平行线得到与 s′c′的交点 2″。

3）将 2″按长对正投影到俯视图上，得与 sc 的交点，过交点作 bc 的平行线得到与 sb 的交点 2，连接 1－2－3－1 得截交线的水平投影。

4）作一新的投影面，该面与正垂面平行（与截平面平行），截平面上各点向新投影面作垂线，在俯视图上量取各点到 V 面的距离，画到所作的垂线上，得出截断面的实形。

10. 相贯线

在展开放样中，会有各种形体相交而成的构件，形体的表面交线称为相贯线。作相交构件的展开，必须准确地求出相贯线，依据相贯线将复杂的相交形体划分为若干基本形体的截体，再将它们分别展开。

（1）任何相交形体的相贯线，都有以下性质

1）相贯线是形体表面的共有线。

2）相贯线是形体表面的分界线。

3）相贯线是封闭曲线（形体有一定的范围）。

（2）相贯线的求法

1）素线法。相交形体的表面有积聚性投影，相贯线必积聚其中。

2）辅助平面法。用假想辅助平面截切，作两形体的截交线，交点即相贯线。

3）辅助球面法。作图的原理与辅助平面法基本相同（平面换成球面）。

（3）用素线法求三通管的相贯线（图 1-42）的步骤

1）8 等分（或 12 等分）支管的水平投影，得出各等分点。

2）按“宽相等”的原则，得侧面投影，再按“高平齐，长对正”，得出相贯线的正面投影。

（4）异径正交三通管（图 1-43）相贯线的简便求法

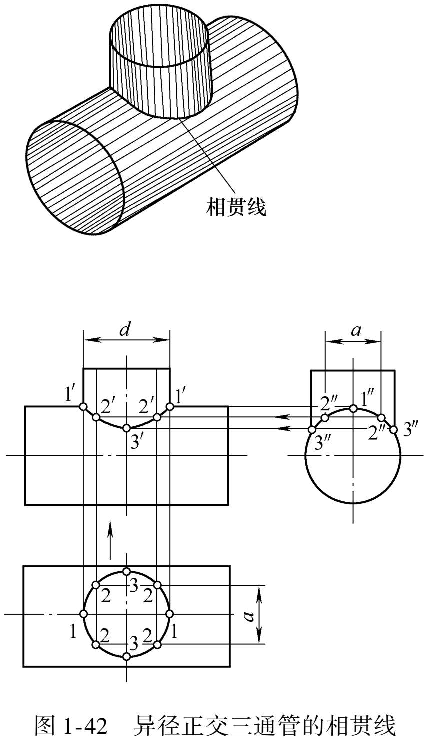


图 1-42　异径正交三通管的相贯线

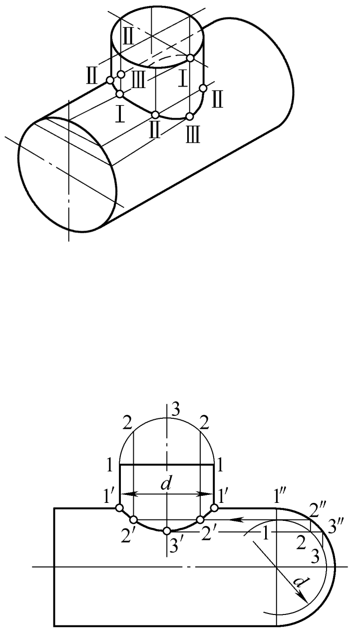


图 1-43　相贯线的简便求法

1）主管的轴心上画出两管1/2同心断面，画出支管的1/2断面，8等分（或12等分）支管。

2）支管的等分点沿铅垂方向投影到主管的断面圆周上，再按素线法得出相贯线的正面投影。

（5）辅助平面法求圆柱与球偏心相交的相贯线

辅助平面作法，如图1-44所示：

1）俯视图上将圆柱的圆周8等分（或12等分）。

2）按长对正得出主视图的1′、5′两点。

3）在俯视图上通过2、4两点作截平面（平行于V面）与球交于a、b两点。

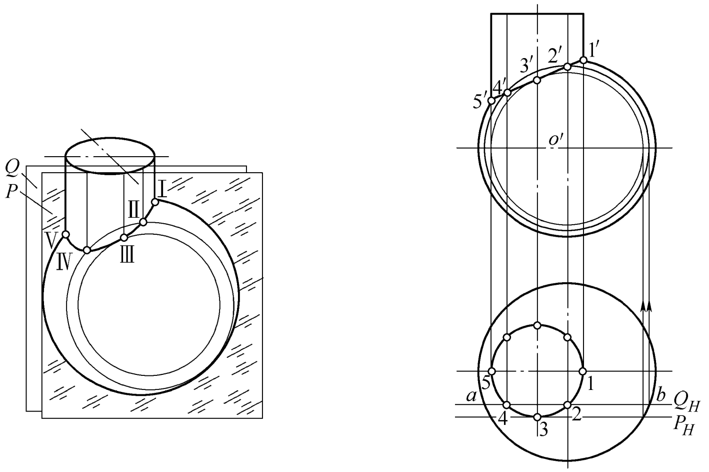


图1-44 圆柱与球偏心相交的相贯线

4）截平面截得的球体是一个圆，以O'为圆心，$a2$（或$b2$）为半径画弧，2、4两点按长对正投到主视图上，与弧的交点即为相贯线。

（6）辅助球面法求圆柱斜交圆锥的相贯线

辅助球面作法，如图1-45所示：

1）先求主视图的相贯线的最高点1、最低点4的投影。

2）以两轴的交点O为圆心，适当的弧长R为半径画弧（R的最

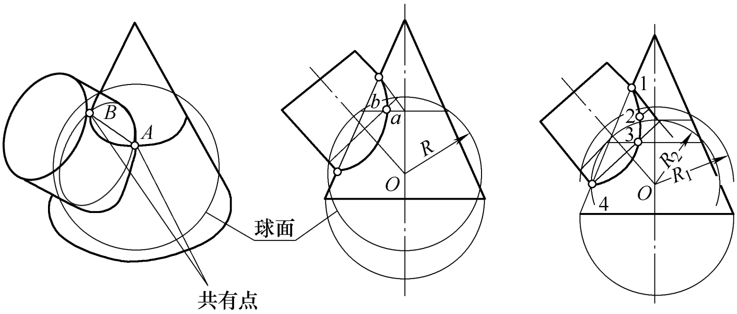


图 1-45 圆柱与圆锥偏斜交的相贯线

大长度是 $O1$，R 的最小长度是 $O4$）。

3）弧与圆柱和圆锥分别有两个交点，连接圆锥的两点和圆柱的两点，这样就会得到一个交点，这是相贯线的一个点。改变弧的半径可以得到相贯线上不同的点，连接后即为相贯线。

11. 形体表面展开

（1）展开图

将金属板构件表面的全部或局部，按实际形状和大小依次铺平在同一平面上，称为构件的表面展开，如图 1-46 所示，构件展开后的平面图形称为展开图。

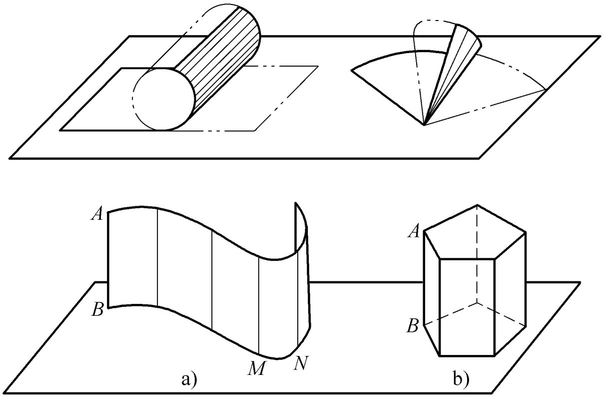


图 1-46 展开图

（2）展开的基本方法

1）平行线法如图 1-47 所示，立体表面用相互平行的素线分割，展开圆柱、棱柱表面。

2）放射性法如图 1-48 所示，立体表面分割成若干共顶的三角形，展开圆锥、棱锥表面。

3）三角形法如图 1-49 所示，立体表面分割成若干个三角形，适用于各类形体。

（3）展开方法的共同特点

将待展表面分割成许多小平面，求出这些小平面的实形，并依次画在平面上，从而得到立体表面的展开图。展开的实质是由“化整为零”和“积零为整”两个阶段所组成。

例 1：求作斜切圆管的展开，如图 1-47 所示。

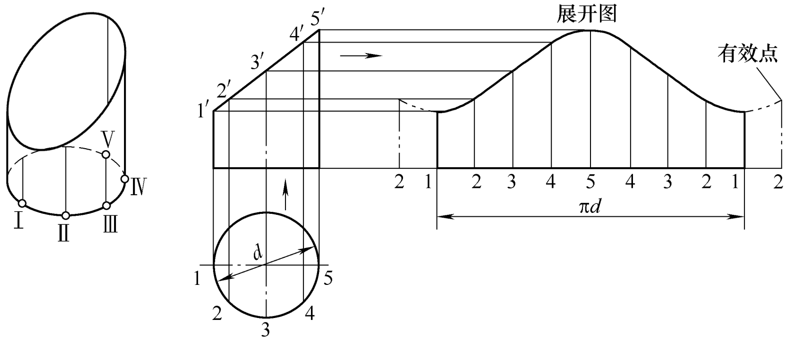


图 1-47　斜切圆管的展开（平行线法）

1）将俯视图 8 等分（或 12 等分）。

2）由各等分点向主视图“长对正”引线。

3）量取圆周的直径，计算圆周长后展开，标出各等分点的位置并上引圆管的素线。

4）主视图的各点向右引水平线得交点，各点圆滑连接后即为展开图。

例 2：顶口倾斜圆锥管的展开，如图 1-48 所示。

1）将锥底半圆周 6 等分，等分点上引垂线与锥底得交点，各交

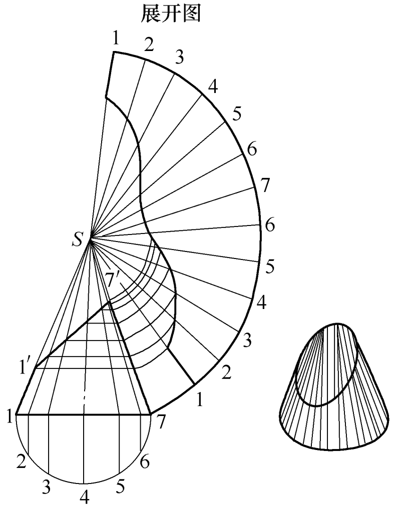


图 1-48 顶口倾斜圆锥管的展开（放射线法）

点与锥顶连素线。

2）分析各线段的类型得知：*S*1、*S*7 是正平线，*S*2、*S*3、*S*4、*S*5、*S*6 是一般位置线，需要求出各线的实长。

3）由锥口与素线的各交点，引底口线的平行线，交于圆锥母线 *S*7，交点与 7 点的距离即为各线的实长（实质是将各线旋转成正平线）。

4）先作正圆锥的展开图，以 *S* 点为圆心，*S*1 的长度为半径画弧，在弧上截取等分点 1、2、3、4、5、6、7（量取底部圆周的直径，计算圆周长后，用周长的数值除以 12，就得出 1/12 的圆周长度）。

5）各等分点与锥顶 *S* 相连，再用各线段的实长（各点到 7 点的距离）到对应的线段去截切，将各截切点连成光滑的曲线后，即得顶口倾斜圆锥管的展开图。

例 3： 圆方过渡接头的展开，如图 1-49 所示。

（1）形体分析

构件是工厂里应用较多的变径连接管，用于管道间变径连接。改

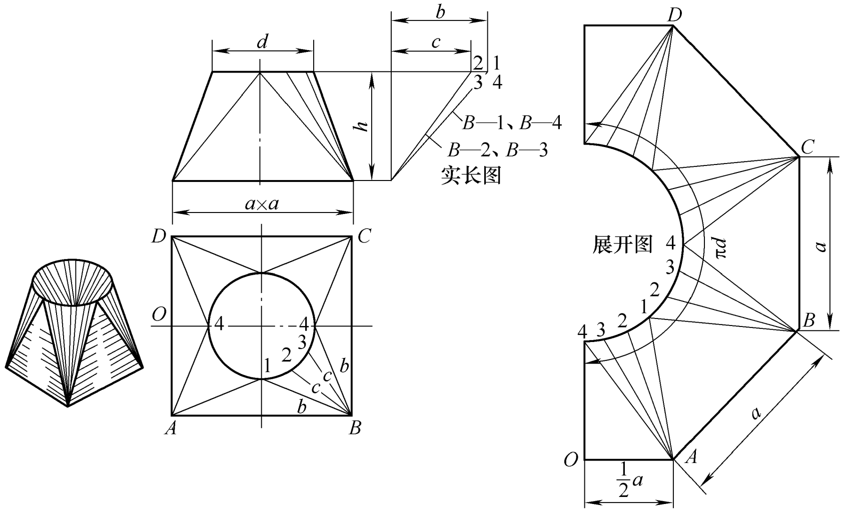


图 1-49 圆方过渡接头

变管道内输送气体（或液体）的流量和流速。构件表面由四个等腰三角形和四个斜圆锥面组成，共计 8 个表面（将每个斜圆锥面划分为三个三角形，构件的表面共划分为 16 个三角形）。构件的前后左右对称，因此标注 1/4 的圆周即可，要计算圆的周长和构件一般位置线的实长。

（2）具体作法

1）用 a、d、h 画出主视图和俯视图。3 等分俯视图 1/4 圆周（圆周 12 等分），等分点是 1、2、3、4，连接各等分点 与 B，则分 B 为顶点的斜圆锥面为 3 个小三角形。

2）$B1=B4$，$B2=B3$（b、c 表示各线段的投影长）。

3）$B1$ 和 $B2$ 为一般位置线，用直角三角形法求出它们的实长（见实长图）。

4）利用求出的实长，再结合对线段类型的分析（AB、CD 是侧垂线，BC、DA 是正垂线，在俯视图上均反映实长），用三角形法逐个作出构件表面的 16 个三角形。

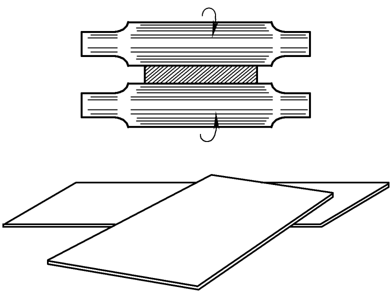
5）展开图上是 17 个三角形，比原来表面划分出的 16 个三角形多了一个。这是将等腰三角形 $4AD$ 分割成三角形 $4AO$ 及三角形 $4DO$，

$4O$ 线段是构件成形后的接口线（$4O$ 线段是正平线，其主视图的投影反映实长）。接口位置在平面上，便于切割、开坡口、弯曲成形，焊缝的长度短，易于保证焊接质量和构件的成形尺寸。

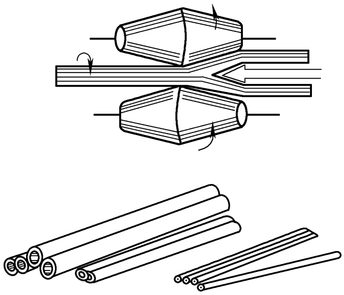
项目4 钢材的基本知识

阐述说明

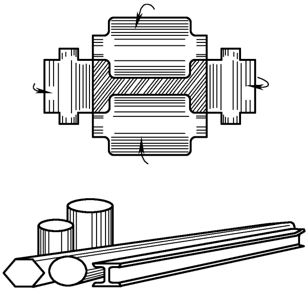
作为金属结构件的制造者，要了解钢材的性能及重量计算、钢材的分类、牌号，看懂图样上各种热处理的名词。了解产品的原材料是怎么来的，钢在冶炼后，少部分制成锻件，大部分轧制成各种钢材，如图 1-50 所示。



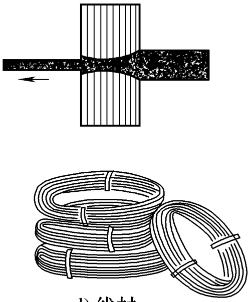
a) 板材



b) 管材



c) 型材



d) 线材

图 1-50 轧制钢材图示

1. 钢材的分类

1）板材：板材包括冷轧钢板、热轧钢板。标记为 $\delta \times B \times L$（厚度×宽度×长度）。

2）管材：管材包括无缝钢管、有缝钢管。标记为 $D \times \delta \times L$（外径×厚度×长度）。

3）型材：有简单断面型钢（圆钢、方钢、角钢）和复杂断面型钢（槽钢、工字钢）。

4）线材：按断面分圆形和椭圆形，按尺寸分粗和细，按成分分低、中、高碳钢。

2. 钢材重量的计算

1）重量的计算公式：

$$m = A\rho L$$

式中 m——钢材的重量（t、kg）；

A——钢材的截面积（m^2）；

ρ——金属的密度（kg/m^3），碳钢为 $7.85 \times 10^3 kg/m^3$，铝为 $2.73 \times 10^3 kg/m^3$；

L——钢板的长度（m）。

2）圆面积的计算公式：

$$A = \pi R^2$$

式中 A——圆面积（m^2）；

π——圆周率；

R——圆的半径（m）。

3）圆周长的计算公式：

$$L = 2\pi R$$

式中 L——圆周长（m）；

π——圆周率；

R——圆的半径（m）。

例：有一钢圈，外径为1200mm，内径为1000mm，厚为50mm，求重量。

解：$m = \dfrac{7.85 \times 10^3 \times \pi \times (1.2^2 - 1^2) \times 0.05}{4} kg = 136 kg$

3. 钢材的感性认识

（1）槽钢

槽钢的断面形状如图1-51所示，*h*为槽钢的高度，*b*为腿宽，*d*为腰厚，*δ*为平均腿厚，*r*为内圆角半径，r_1为边端圆角半径。槽钢主要用来作柱、梁、框架，制造汽车的底盘，受力大的结构中，可以将槽钢成对地组合使用。

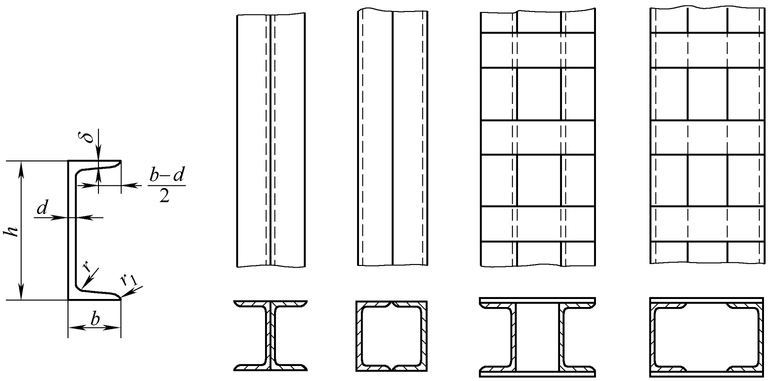


图1-51 槽钢

（2）角钢

角钢分为等边角钢和不等边角钢两大类，其断面形状如图1-52所示。主要用来制造圈、框架和其他轻型钢结构，在受力大的场合，可以将角钢组合使用。

（3）工字钢

工字钢的断面形状如图1-53所示。*h*为工字钢的高度，*b*为腿宽，*d*为腰厚，通常用来作立柱、框架、横梁。

（4）异型钢

异型钢材是为了某些结构的特殊需要而轧制的，如图1-54所示，图1-54a所示是钢轨，图1-54b所示是造船用的球缘角钢，图1-54c所示是造船用的球缘丁字钢，图1-54d、图1-54e所示是建筑用的丁字钢和乙字钢，图1-54f所示是异型槽钢。

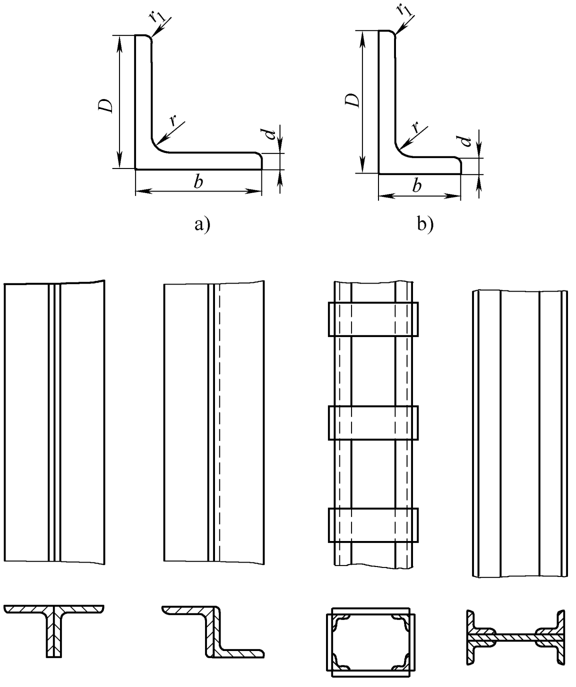


图 1-52　角钢

（5）模压型钢

模压型钢如图 1-55 所示，是为了某些结构的特殊需要而轧制的，应用于大型厂房、交易市场、车棚及建筑围挡板等。它可以制成各种形状，质量轻，但刚度大、强度好。

（6）钢结构

用成形材料（板材、管材、型材）作为坯料，经加工后形成的构件称为钢结构。它可以全部是成形材料组成，也可以是以成形材料为主，和铸件或锻件组合装焊而成。

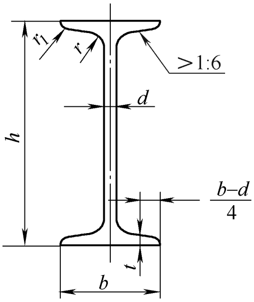
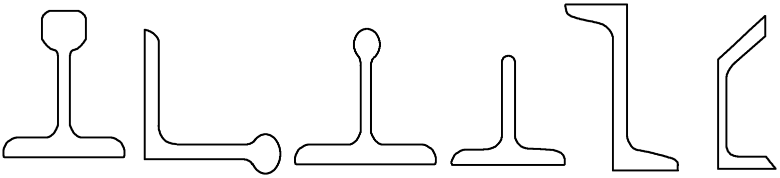


图 1-53　工字钢



a)　b)　c)　d)　e)　f)

图 1-54　异型钢材

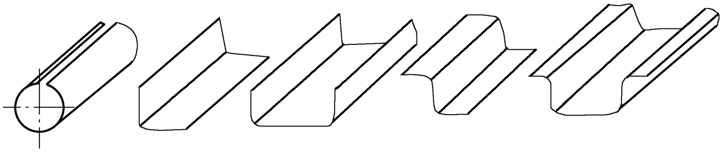


图 1-55　模压型钢

（7）钢结构的特点

具有较高的强度和刚度，较低的结构重量，材料允许拼接，利用率高，可以制成各种复杂的结构。设计的灵活性大，不同的部位可以选择性能不同的材料，加工余量小。

（8）加工成形

在原材料上画出零件的轮廓，用气割、冲裁、剪切或等离子弧切割等方法，把零件从原材料上切割下来，成为坯料，再将坯料用手工或机械加工成符合图样要求的尺寸和形状。

（9）装配连接

装配连接是将零件按设计图样的要求组装成部件或产品，并用焊接、铆接、胀接或螺纹联接等方法连成整体。

4. 钢的分类

（1）钢的定义

碳的质量分数大于0.0218%、小于2.11%的铁碳合金称为钢。

钢中除含有铁、碳外，还含有硅、锰、硫、磷等元素。硅、锰是钢中的有益元素，能提高钢的强度；硫、磷是钢中的有害元素，使钢变脆。钢具有高硬度和高韧性及良好的工艺性能，因而得到广泛应用。

（2）钢的分类方法

1）按冶炼方法分类

- 平炉钢　冶炼碳素钢和普通低合金钢
- 转炉钢　冶炼碳素钢和普通低合金钢
- 电炉钢　冶炼合金钢

2）按脱氧程度分类

- 沸腾钢 F　脱氧不完全，冶炼时钢液沸腾
- 镇静钢 Z　脱氧完全，冶炼时钢液基本静止
- 半镇静钢 b　冶炼时钢液沸腾程度介于沸腾钢和镇静钢两者之间

3）按化学成分分类

- 碳素钢
  - 低碳钢　$w(C)<0.25\%$
  - 中碳钢　$w(C)=0.25\%\sim0.6\%$
  - 高碳钢　$w(C)>0.6\%$
- 合金钢
  - 低合金钢　合金元素总的质量分数 $<5\%$
  - 中合金钢　合金元素总的质量分数为 $5\%\sim10\%$
  - 高合金钢　合金元素总的质量分数 $>10\%$

4）按质量分类

- 普通碳素钢 $w(P)<0.045\%$，$w(S)<0.055\%$
  P、S 的含量在钢中有限制
- 优质碳素钢 $w(P)<0.04\%$，$w(S)<0.04\%$
  用两位数字表示，例：45
- 高级优质碳素钢 $w(P)<0.035\%$，$w(S)<0.03\%$
  两位数字加 A 表示，例：T13A

5）按用途分类

- 结构钢
  - 碳素结构钢
    - 普通碳素结构钢　常见的牌号 Q235
    - 优质碳素结构钢　常见的牌号 20、45、08F
  - 合金结构钢
    - 低合金结构钢　常见的牌号 Q345
    - 合金渗碳钢　常见的牌号 20CrMnTi
    - 合金调质钢　常见的牌号 40Cr
    - 合金弹簧钢　常见的牌号 60Si2Mn
    - 滚动轴承钢　常见的牌号 GCr15
- 工具钢
  - 碳素工具钢　常见的牌号有 T7 ~ T13
  - 合金工具钢　常见的牌号有 9SiCr、CrWMn
- 特殊性能钢
  - 不锈钢　常见的牌号有 12Cr13、12Cr18Ni9、10Cr17
  - 耐热钢　常见的牌号有 13Cr13Mo、4Cr9Si2
  - 耐磨钢　常见的牌号有 ZGMn13（可制造坦克履带）

5. 钢的力学性能指标

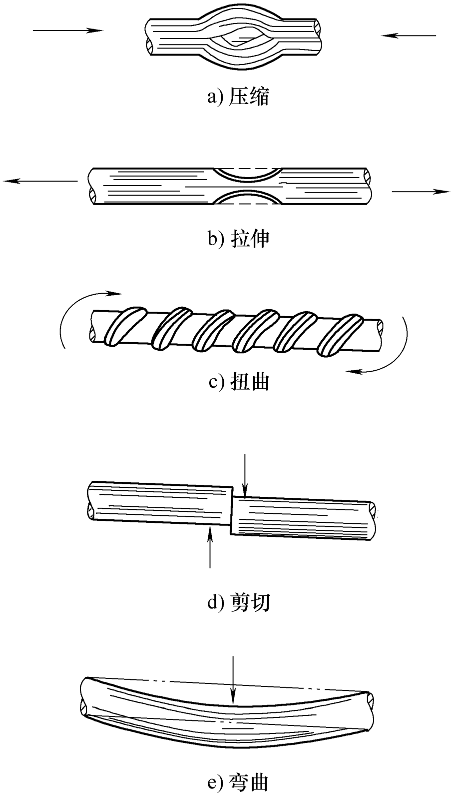
金属材料具有承受一定载荷而不被破坏的能力，这种能力就是材料的力学性能。金属表现出来的强度、塑性 、硬度、冲击韧度、疲劳极限等特性，就是力学性能指标。载荷会以不同的方式作用于金属材料，使材料发生各种变形（图 1-56），所以材料的强度有抗压强度、抗拉强度、抗扭强度、抗剪强度、抗弯强度。通常以抗拉强度代表材料的强度指标，它是用拉伸试验机对标准试样（图 1-57）进行轴向拉伸，直至拉断，用测得的数据绘制出应力-应变曲线（图 1-58），来计算材料的强度和塑性。用硬度试验机来检测硬度，冲击试验机检测韧度。

（1）强度

金属材料在静载荷（大小不变或变化很慢）的作用下，对变形和破坏的抵抗能力，称为强度。

1）屈服强度。屈服强度是指试验力不增加而试样变形增加的应力值。若材料无明显的屈服现象，规定试样产生永久残余塑性变形量为原长度的 0.2% 时的应力值作为条件屈服强度。

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$$



a) 压缩

b) 拉伸

c) 扭曲

d) 剪切

e) 弯曲

图 1-56 金属材料的变形形式

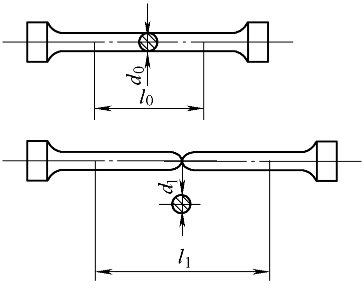


图 1-57 拉伸试样

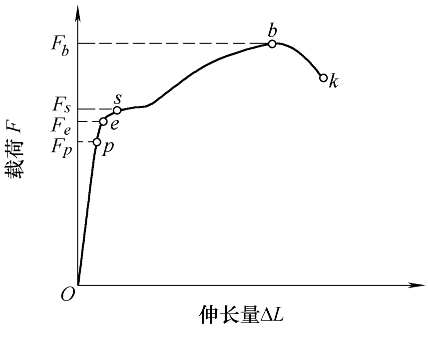


图 1-58 应力-应变曲线图

式中 R_{eL}——试样的下屈服强度（MPa）；

F_{eL}——试样屈服时的最小载荷（N）；

S_0——试样原始横截面积（m^2）。

2）抗拉强度。与材料断裂前所能承受最大力相对应的应力值称为抗拉强度。

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

式中 R_m——试样的抗拉强度（MPa）；

F_m——试样在试验中承受的最大力（N）。

（2）塑性

材料受力后在断裂之前产生不可逆永久变形的能力称为塑性。

1）伸长率 A。试样拉断后，原始标距的伸长量与原始标距之比的百分率。

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 A——伸长率；

L_u——试样拉断后的标距长度（m）；

L_0——试样原始标距长度（m）。

2）断面收缩率 Z。试样拉断后，试样横截面积的最大缩减量与原始横截面积比值的百分率。

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 Z——断面收缩率（%）；

S_0——试样原始横截面积（m^2）；

S_u——试样拉断后缩颈处的横截面积（m^2）。

例：有一直径 $d = 10$mm，$L_0 = 100$mm 的低碳钢试样，拉伸试验时测得：

$F_{eL} = 2.1 \times 10^3$N，$F_m = 2.9 \times 10^3$N，$d_u = 5.65$mm，$L_u = 138$mm

求此试样的 S_0、S_u、R_{eL}、R_m、A、Z。

解：1）计算 S_0、S_u：

$$S_0=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{3.14\times10^2}{4}\text{mm}^2=78.5\text{mm}^2$$

$$S_u=\frac{\pi d_u^2}{4}=\frac{3.14\times5.65^2}{4}\text{mm}^2=25.1\text{mm}^2$$

2）计算 R_{eL}、R_m：

$$R_{eL}=\frac{F_{eL}}{S_0}=\frac{21000}{78.5}\text{MPa}=267.5\text{MPa}$$

$$R_m=\frac{F_m}{S_0}=\frac{29000}{78.5}\text{MPa}=369.4\text{MPa}$$

3）计算 A、Z：

$$A=\frac{L_u-L_0}{L_0}\times100\%=\frac{138-100}{100}\times100\%=38\%$$

$$Z=\frac{S_0-S_u}{S_0}\times100\%=\frac{78.5-25.1}{78.5}\times100\%=68\%$$

（3）硬度

硬度是材料抵抗变形，特别是压痕或划痕形成的永久变形的能力。

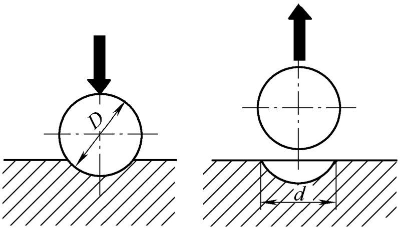


图 1-59 布氏硬度实验原理

硬度值用实验法得到，有布氏硬度实验法（图 1-59）、洛氏硬度实验法（测量时洛氏硬度值直接在硬度计表盘读取）和维氏硬度实验法（图 1-60）。常用五种硬度标尺的实验条件和适应范围见表 1-1。

表 1-1 常用的五种硬度标尺的实验条件和适用范围

硬度标尺	压头类型	总实验力/(×9.8N)	硬度有效范围	应用举例
HBW	硬质合金球	30～1000	95～654HBW	有色金属、退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥体	150	20～67HRC	淬火钢
HRB	ϕ1.588mm 钢球	100	25～100HRB	退火钢、铜合金等
HRA	120°金刚石圆锥体	60	60～85HRA	硬质合金、表面淬火钢
HV	136°正四棱锥体	30	10～1000HV	范围大、很软、很硬的金属

例 1：170 HBW10/1000/30 表示用直径为 10mm 的压头，在 1000kgf（9800N）实验力的作用下，保持 30s 时测得的布氏硬度值是 170。

例 2：600HBW1/30/20 表示用直径为 1mm 的压头，在 30kgf（294N）实验力的作用下，保持 20s 时测得的布氏硬度值是 600（若保持时间 10～15s 可以不标）。

例 3：45 HRC 表示用 C 标尺测得的洛氏硬度值为 45。

例 4：640 HV30 表示用 30kgf（2P4N）实验力，保持时间 10～15s 测得的维氏硬度值是 640。

（4）冲击韧度

金属材料抵抗冲击载荷的作用而不破坏的能力，称为冲击韧度。

1）一次性打击试验，如图 1-61 所示。

2）多次冲击试验。工件受大能量一次性冲击破坏的情况少，常用多次冲击试验来检验强度和塑性，如图 1-62 所示。

3）冲击试验的目的是检验材料的内部缺陷，温度对检测的数值有影响，低温时钢铁材料的韧性下降，容易变脆（碳钢的转变温度是 -20℃），所以，材料的韧脆转变温度越低越好，如图 1-63 所示。

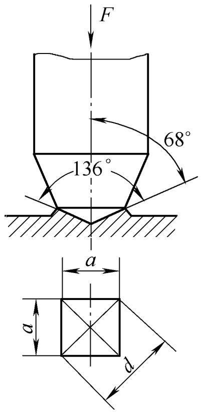


图 1-60 维氏硬度实验原理

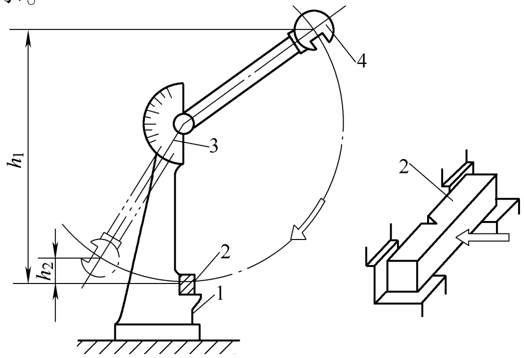


图 1-61 冲击实验原理

1—支座 2—试样 3—指针 4—摆锤

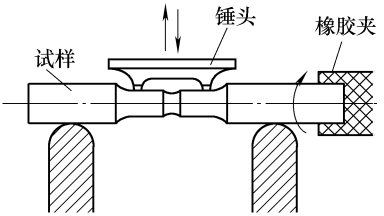


图 1-62　多次冲击试验

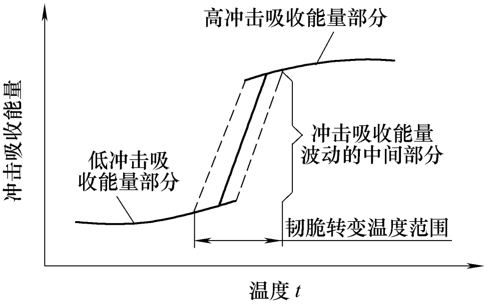


图 1-63　韧脆转变温度

（5）疲劳极限（σ_D）

工件在交变循环应力的作用下疲劳折断时累计的循环次数。如曲轴、连杆、齿轮、弹簧等工件受交变循环应力（图 1-64），必须要检测疲劳极限的数值，提高工件疲劳极限的方法如下：

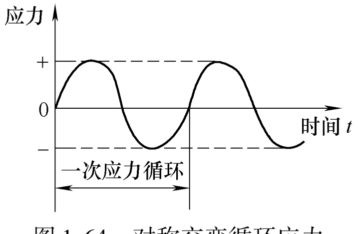


图 1-64　对称交变循环应力

1）设计时工件的边缘有圆角，避免尖突，避免应力集中。

2）细化材料的内部晶粒、减少材料的内部缺陷。

3）加工时降低工件表面粗糙度、减少表面伤痕。

4）工件表面进行淬火、涂层等热处理。

6. 铁碳相图及钢的热处理

加工的图样上有各种热处理方法的名称，机械制造过程中，大部分零部件都要进行热处理，因为零件在加工过程中需要降低硬度，提高塑性，改善切削加工性能，使用时需要提高硬度和耐磨性（零件内若存在内应力，会使零件在加工和使用时产生变形，所以要消除内应力来保证产品的质量），这些都可以通过热处理来实现。这就需要先了解铁碳相图，它是在缓慢冷却（或加热）条件下，不同成分的铁碳合金的状态或组织随温度变化的图形，如图 1-65 所示。当含碳量不同时，其组织成分也不同。含碳量越高，材料的强度、硬度越高，而塑性、韧度越低，这是因为含碳量越高，钢中硬而脆的 Fe_3C 越多的缘故。作为技术工人必须知道各名称的含义，才能理解上下工序的联系，明白为什么钢材剪切、气割后要刨边（或铣边）处理，有些工件装焊后要进行整体退火处理等。

铁碳相图上只需掌握钢，即 $w(C) \leq 2.11\%$ 一段（$>2.11\%$ 的是铸铁），需要知道的符号、组织、性能如下：

L——液态金属（在 *ACD* 线以上，金属加热超过其熔点）。

A——奥氏体，单相的奥氏体组织，强度低、塑性好，钢材的锻造温度选此区域。

F——铁素体，塑性、韧性好，强度硬度低。

Fe_3C——渗碳体，硬度高，脆性大，塑性和韧度几乎为零。

P——珠光体，F 与 Fe_3C 的混合物，力学性能是两者的综合，强度较高，有一定的塑性，硬度适中。

Ld——莱氏体，A 与 Fe_3C 的混合物，硬度高，塑性差。

在生产过程中，铁碳相图可以作为选材、锻造及热处理的依据：

1）一般结构件→要求塑性好、焊接性好、强度硬度低→选用低碳钢，$w(C) < 0.25\%$。

2）汽车曲轴、机床主轴→要求有良好的综合力学性能→选用中碳钢，$w(C) = 0.25\% \sim 0.6\%$。

3）刀具（车刀、钻头）→要求有较高的硬度和耐磨性→选用高碳钢，$w(C) > 0.6\%$。

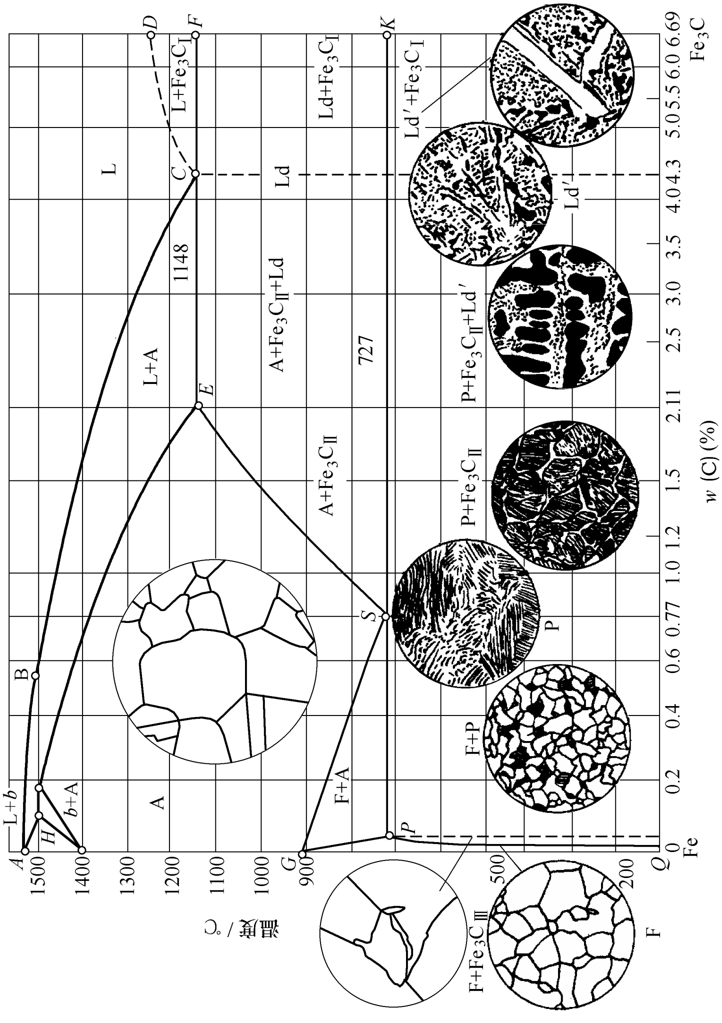

温度/℃
w (C)(%)
L
L+A
L+$Fe_3C_Ⅰ$
A
F+A
F+P
P
A+$Fe_3C_Ⅱ$
A+$Fe_3C_Ⅱ$+Ld
P+$Fe_3C_Ⅱ$
P+$Fe_3C_Ⅱ$+Ld′
Ld
Ld′
Ld+$Fe_3C_Ⅰ$
Ld′+$Fe_3C_Ⅰ$
F+$Fe_3C_Ⅲ$
F
1148
727
Fe
Fe_3C

图 1-65 铁碳合金相图

（1）钢的热处理

固态钢加热到一定的温度，保温一定的时间，然后进行冷却的操作称为钢的热处理。其目的是细化晶粒、改善内部组织、得到所需要的力学性能。

（2）热处理的种类

1）整体热处理

- 退火：固态钢加热、保温、随炉缓慢冷却，降低钢的硬度（图 1-66）
- 正火：固态钢加热、保温、在空气中冷却，处理后钢的硬度值比退火后的硬度值高
- 淬火：固态钢加热、保温、快速冷却，提高钢的硬度及耐磨性（图 1-67）（快速冷却是在水中或油中冷却）
- 回火：去除工件淬火后的内应力，淬火后必须进行回火处理。回火分低温、中温、高温回火等三种（刀具、量具）
- 调质：淬火以后再高温回火的操作称为调质处理（曲轴、齿轮）

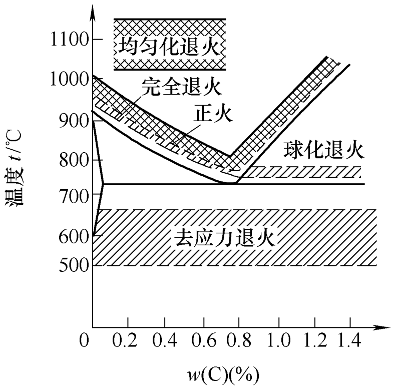


图 1-66 退火的加热范围

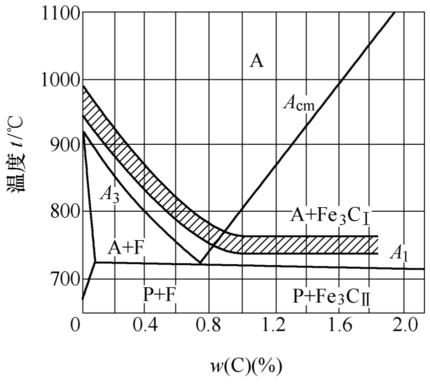


图 1-67 碳钢淬火的加热范围

【要点】上述各种热处理的加热温度、保温时间、冷却方式都不同。

2）表面热处理：表面热处理有感应加热表面热处理和火焰加热表面热处理。

【目的】工件的表面硬化，心部的组织不变（外硬内韧），处理后工件使用寿命延长。

3）化学热处理：化学热处理是将工件放在化学介质中，使其表面渗入介质的操作过程（渗碳、渗氮、碳氮共渗）。

【目的】工件表面硬度、耐磨性高，但心部仍然是原来的高强度、高韧性（低碳钢、低合金钢）。

7. 黑色金属和有色金属牌号

阐述说明

钢铁称为黑色金属，其他金属元素构成的金属称为有色金属。产品的图样上有材料的牌号，作为产品的制造者，要能识别牌号，知道牌号中数字的含义。

（1）钢的各种牌号及用途

1）普通碳素结构钢。普通碳素结构钢常见的牌号如 Q235AF，表示屈服强度为 235MPa 的 A 级沸腾钢。具体含义如下：

Q——屈服强度代号；

235——屈服强度值为 235MPa；

A——质量等级是 A 级（共有 A、B、C、D 四级，从 A 到 D 依次提高）；

F——沸腾钢（脱氧方法有 F、b、Z、TZ，依次是沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢）。

2）优质碳素结构钢：

① 10F 表示平均 w(C) 为 0.10% 的优质碳素结构钢中的沸腾钢。结构钢的钢号用两位数字表示，是该钢平均 w(C) 的万分数。

② 08 ~ 25 钢是低碳钢，用于制造压力容器、小轴和销子；30 ~ 55 钢是中碳钢，用于制造曲轴、连杆和齿轮；60 钢以上的牌号是高碳钢，用于制造弹簧和板簧。

3）碳素工具钢。T7 ~ T13［w(C)：0.7% ~ 1.3%］（工具钢均为

高碳钢）为常见的碳素工具钢的牌号。例如 T12A 表示平均 w(C) 为 1.2% 的高级优质碳素工具钢，用于制造锯条、锉刀等。

4）合金工具钢。合金工具钢主要是在碳素工具钢的基础上添加了合金元素。

用一位数字表示钢号，数字表示平均 w(C)的千分数，当 w(C) ≥1.0%，则不予标出（避免与结构钢的钢号混淆），例如 9SiCr 表示平均 w(C)为0.9%的合金工具钢（Si、Cr 未标数值，说明各元素的质量分数均小于 1.5%）；Cr12MoV 表示平均 w(C)≥1.0%，w(Cr) 为 12%，Mo、V 的质量分数均小于 1.5%。

5）特殊性能钢。特殊性能钢与合金工具钢的表示方法相同。

例如：2Cr13 表示平均 w(C)为 0.2%，平均 w(Cr)为 13% 的不锈钢；0Cr18Ni9 表示平均 w(C)为 0.03% ~0.1%；00Cr30Mo2 表示平均 w(C) <0.03% [w(C) >0.0218%]。

6）高速工具（俗称风、锋、白）钢。高速工具钢常见的牌号如 W18Cr4V，用于制造车刀及钻头，其热处理的方法是淬火 + 三次回火。

7）滚动轴承钢。牌号为 GCr15 的滚动轴承钢，用于制作精密量具，牌号为 GCr15SiMn 的做大型轴承。滚动轴承钢有高硬度、高耐磨性、高的疲劳极限、足够的韧性和耐蚀性，它可以用于制造轴承的内外圈和滚动体，还可以用来制造刀具、模具和量具。

8）耐磨钢。常用的耐磨钢的牌号如 ZGMn13，用于坦克履带、防弹钢板的制造。

9）调质钢。调质钢是指中碳钢及合金结构钢进行淬火 + 高温回火处理后的钢。

（2）铸铁的各种牌号及用途

1）灰铸铁。常见的牌号如 HT200，用于制造汽车发动机的缸体及缸套、齿轮箱、机床的床身（HT 表示灰铸铁，200 表示最小抗拉强度为 200MPa）。

2）球墨铸铁。常见的牌号如 QT700-2，常用来制造汽车发动机里的曲轴、凸轮轴、各种管道的阀门（QT 表示球墨铸铁，700 表示最小抗拉强度为 700MPa，2 表示断后伸长率）。

3）蠕墨铸铁。常见的牌号如RuT420，常用于制造汽车使用的制动盘、飞轮（RuT表示蠕铁，420表示最小抗拉强度为420MPa）。

4）可锻铸铁。牌号为KTB350-04的可锻铸铁常用于制造弯头、三通管件（KT表示可锻铸铁，B表示白心，350表示最小抗拉强度为350MPa，04表示断后伸长率）。

5）合金铸铁。合金铸铁是在普通铸铁的基础上添加一些合金元素，使其耐磨、耐热、耐腐蚀。

（3）有色金属的各种牌号

1）铜及铜合金的种类及牌号。在金属材料中，铜及铜合金的应用范围仅次于钢铁。铜及铜合金一般可分为纯铜、黄铜、青铜、白铜。

① 纯铜常见的牌号有T1、T2、T3，数字越大则纯度越低。

② 黄铜一般可分为普通黄铜（铜+锌）和特殊黄铜（铜+锌+其他元素），特殊黄铜又分为铝黄铜、锰黄铜和铅黄铜等。普通黄铜常见的牌号有H70［$w(Zn)=30\%$，用来制造弹壳、又称弹壳黄铜］，特殊黄铜常见的牌号有HAl59-3-2、HMn58-2、HPb59-1等。

③ 青铜一般分为锡青铜和特殊青铜，特殊青铜又称为无锡青铜，包括铝青铜、铍青铜、硅青铜等。锡青铜常见的牌号有QSn4-3，特殊青铜常见的牌号有QAl7、QBe2、QSi3-1等。

④ 白铜一般分为普通白铜和特殊白铜，特殊白铜又分为锰白铜、锌白铜等。普通白铜常见的牌号有B5，特殊白铜常见的牌号有BMn3-12、BZn15-20。

以上铜和铜合金都可以进行压力加工，还有铸造铜合金，常见的牌号有ZCuZn38。

2）滑动轴承合金的种类及牌号：

① 锡基轴承合金，常见的牌号有ZSnSb12Pb10Cu4。

② 铅基轴承合金，常见的牌号有ZPbSb16Sn16Cu2。

③ 铝基轴承合金，常见的牌号有ZAlSn6Cu1Ni1。

④ 铜基轴承合金，常见的牌号有ZCuPb30。

【要点】符号的标记：Z（铸造）+基体+主加元素+辅助元素，其后的数字为该元素的质量分数（%），锡基和铅基轴承合金统称巴

氏合金。上述的四种轴承合金都可以用来做滑动轴承（即通常所说的汽车曲轴、连杆上的轴瓦）。

3）粉末冶金。粉末冶金是指金属与金属，或金属与非金属在压形后烧结，获得材料或零件的方法。工艺过程是用球磨机粉碎金属并混合，压制成形后烧结，最后进行热处理及切削加工。

粉末冶金主要用于制造刀具、耐磨件、模具和耐热件。

常见的用粉末冶金的方法制造的硬质合金有如下三种：

① 钨钴类硬质合金：常见的牌号有 K20，用于加工铸铁及有色金属，$w(Co)=8\%$。

② 钨钴钛类硬质合金：常见的牌号有 P10，用于加工碳素钢、合金钢，$w(TiC)=15\%$。

③ 通用硬质合金：常见的牌号有 M20，用于加工不锈钢、耐热钢、高锰钢、铸铁及普通合金钢。

模块2　冷作钣金工认知入门

项目1　冷作钣金加工制造的产品

阐述说明

作为制造冷作钣金产品的技术工人，必须了解其制造产品的结构及特点，熟悉冷作钣金加工工序，并掌握产品的加工工艺。

1. 冷作钣金加工工艺

将金属板材、型材在基本不改变其断面特征的情况下，加工成金属结构的综合加工工艺称为冷作工艺。

从事冷作工艺的技术工人称为冷作钣金工。

冷作加工与焊接、金属切削、热处理、检验等工艺相结合，才能制造出冷作加工产品。

钣金是针对金属薄板（通常在6mm以下）的一种综合冷加工工艺，包括剪、冲/切、折、焊接、铆接、拼接、成形等。其显著特征就是同一零件厚度一致。

2. 制造过程

由产品设计、毛坯制造、机械加工、热处理、装配和检验等工序组成。毛坯的制造方法有铸造、锻造、轧制三种。

3. 典型产品

冷作钣金加工制造的产品有桁架结构、箱体结构、压力容器、船体结构。典型产品有起重机架、船体、汽车壳体、桥梁及石化工业中的塔、器、釜、罐等。如图2-1～图2-23所示。

（1）起重机架　起重机架是由型钢和钢板按图样装配焊接而成，

是典型的桁架结构，如图 2-1 所示。

图 2-1　起重机架

（2）船体　船体的尺寸较大且结构比较复杂，采用分段制造部件，最后总装焊接，如图 2-2 所示。

图 2-2　船体

（3）汽车车身　汽车车身是采用冲压工艺，用压力机的上模将钢板压入下模而得到。不同类型的车身只是压制采用的上下模不同。如图 2-3 ~ 图 2-5 所示。

（4）桥梁　桥梁是由型钢和钢板装配连接（焊接、螺纹联接、铆接）而成，先按图样加工到要求的形状和尺寸，然后现场由吊车工和冷作工配合，装配焊接而成，如图 2-6、图 2-7 所示。

图 2-3　货车车头

图 2-4　轿车车身

图 2-5　客车车身

图 2-6 悬索桥

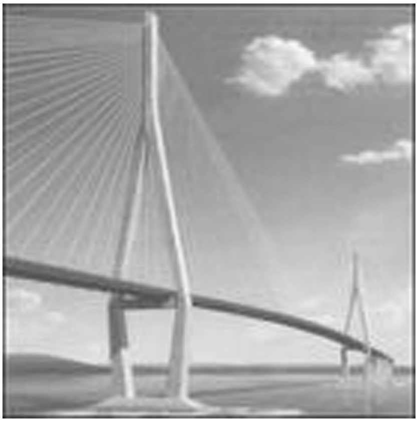


图 2-7 铁路桥

（5）球罐 球罐是用压力机压制成瓣片，然后用地样装配、吊车配合，装配焊接而成。同样的内部压力，球罐壳体的应力大约是圆柱储罐的周向应力的 1/2，安全系数大。如图 2-8 所示。

图 2-8 储液化气的球罐

（6）不锈钢反应釜　用于石油、化工、橡胶、染料、医药及食品行业，完成硫化、硝化、氢化烃化、聚合、缩合等工艺。如图 2-9 所示。

（7）压力机　是对材料进行压力加工的机械，俗称冲床，对坯件施加强大的压力使其变形来制造零件。如图 2-10 所示。

图 2-9　不锈钢反应釜

图 2-10　压力机架

（8）卧式储罐　卧式储罐为单层（可根据工艺要求加装外部保温层）结构，适用于食（乳）品、饮料、制药等行业各类料液的储存，通常是用复合板（不锈钢板 + 碳钢板的双层板）来制造，滚成圆筒及冲压封头，筒体和封头的内壁是不锈钢，外部是碳钢，这样可以降低制造成本，又能保证贮存料液时不发生锈蚀与腐蚀。如图2-11 所示。

（9）不锈钢桥栏　不锈钢桥栏是城市不可缺少的点缀，它是将不锈钢板按图样要求的曲率滚弯后，分段用地样装配，现场用吊车配合组对焊接而成的桥栏，夜晚桥栏上的霓虹灯点亮，河面繁星点点，桥栏像两只飞翔的海鸥，成为一道亮丽景象，如图 2-12 所示。

图 2-11　卧式储罐

图 2-12　不锈钢桥栏

（10）炼油装置　其外部钢结构是一些圆柱筒、圆锥筒、圆方过渡接头、各种 90°弯头（三节、四节、五节）等，这些都是冷作工制造的容器结构件，如图 2-13 所示。

（11）大型聚合釜　大型聚合釜主要用于石油、化工、橡胶、农药、染料、医药 、食品，完成硫化、硝化、氢化、烃化、聚合、缩合等工艺。釜体上是一圈圈的冷却半管及阀门，釜体的半管上面是用

钢板焊接的梯形支撑。聚合釜下部封头四周有四个出料管，中部的密封圈内是检修用人孔及安装电动机架的法兰台，机架底部的法兰与法兰台用螺栓联接，如图 2-14 所示。

图 2-13 炼油装置

图 2-14 大型聚合釜（等待发运）

（12）氨合成塔 氨合成塔是合成氨生产（制造农业生产用的硫酸氨、氢氨、二氨化肥）装置的核心，其能否正常运行，是合成氨生产过程中能否达到高产、节能、降耗的关键，如图 2-15 所示。

图 2-15 氨合成塔

（13）高压容器 其内部压力在 10 ~ 100MPa，采用厚 100 ~ 250mm 的钢板制造，应用于石化和医药行业，如图 2-16 所示。

图 2-16 高压容器

（14）PTA 干燥机 该机用于干燥生产聚酯纤维及包装树脂的原料，而聚酯纤维和包装树脂是服装、食品饮料包装行业的重要原材料。以往大型 PTA 干燥机要全部依赖国外进口，研制成功的百万吨 PTA 干燥机，结束了我国该种大型石化关键设备长期依赖进口的历史，如图 2-17 所示。

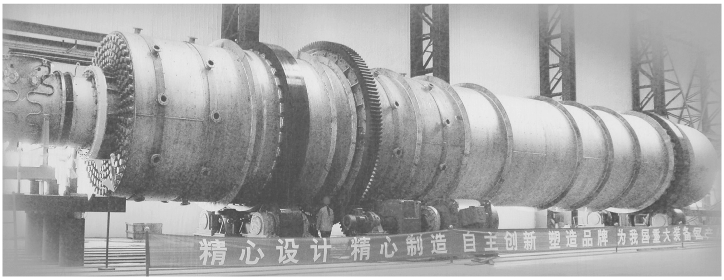


图 2-17　百万吨 PTA 干燥机

（15）铁路罐车　它是铁路物流中使用的主要铁道车辆之一，是铁道上用于装运气、液、粉等货物的主要专用车型，常见的是横卧圆筒形，分为装载轻油用罐车、粘油用罐车、酸类罐车、水泥罐车、压缩气体罐车等多种，如图 2-18 所示。

图 2-18　$100m^3$ 的铁路罐车

冷作工不仅能制造大型的产品，也能生产小型的产品，冷作钣金产品和我们的生活息息相关。以冲压加工为例，可以生产的小型产品如图 2-19 ~ 图 2-23所示。

图 2-19　合页

图 2-20 不锈钢杯

图 2-21 炒勺

图 2-22 不锈钢盆

图 2-23 不锈钢汤匙

项目 2 冷作钣金加工常用的一些设备及工具

（1）放样台 3000mm×6000mm 的放样台，如图 2-24 所示。

（2）矫正或焊接平台 用于在加工过程中承载和固定有曲形加工要求的船壳钢板和型钢零件，如图 2-25 所示。

（3）地轨 用于大型设备的装配、试验、焊接和检验，可依据设备的固定点来设计、拼接成大型的平台，节省成本，不用时所占空间较小，如图 2-26 所示。

（4）直角尺 用于检验零部件的垂直度，其加工定位方便，精度高，稳定性好，便于维修，如图 2-27 所示。

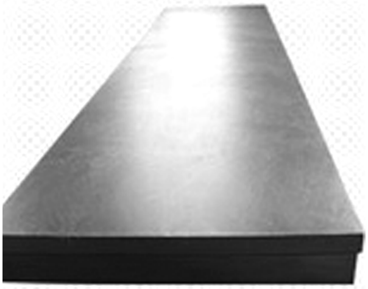


图 2-24　放样平台

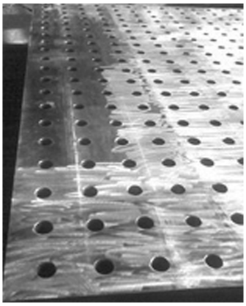


图 2-25　矫正或焊接平台

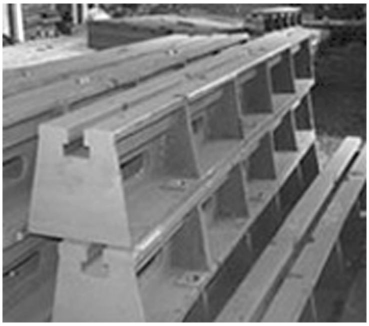


图 2-26　地轨（地梁、地槽铁、基础槽铁）

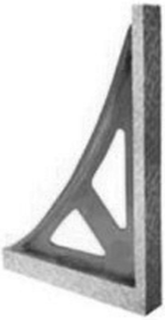


图 2-27　铸铁直角尺

（5）划针盘　用于待加工材料的划线，划针可以调整高度及角度。使用时用手握住立柱，使划针盘的底座在平台上移动，划针尖就会在材料上画出需要切掉的余量，如图 2-28 所示。

（6）砂轮切割机　用于切割管材和型钢，如图 2-29 所示。

（7）数控液压闸式剪板机　采用先进的液压系统，性能稳定。减少板料剪断后的扭曲变形。防护栅与电器箱有联锁的安全保护装置。只须输入板厚（剪板机的左边侧面是调整手轮和锁紧装置），电脑就会自动调整剪刀间隙，如图 2-30 所示。

（8）Q11 型电动剪板机　主要结构由铸铁铸造而成，性能可靠，操作灵活，采用齿轮箱结构式传动，前后均设有可调挡料机构，但需要手动调整。该型号的剪板机与数控液压闸式剪板机相比价格较低，如图 2-31 所示。

图 2-28 划针盘

图 2-29 砂轮切割机

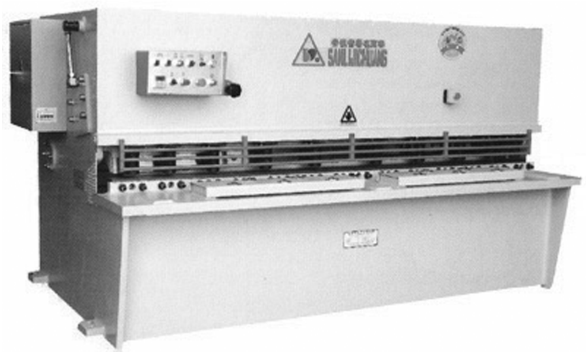


图 2-30 QC11K 系列数控液压闸式剪板机

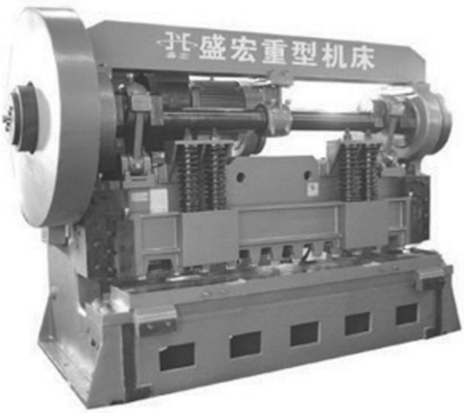


图 2-31 Q11—13 × 2500 式剪板机

（9）型材卷弯机　用于型材卷圆和矫圆，只需更换相应模具，即可卷制各种不同截面的型材，经济实用，如图 2-32 所示。

（10）焊接薄板的平台　主要用于拼装薄板，将要拼接的薄板表面矫正平整，板缝的间隙要均匀，用重物压住板料，定位焊的间距和长度要一致，然后焊接，焊件冷却后再撤重物，如图 2-33 所示。

图 2-32　型材卷弯机

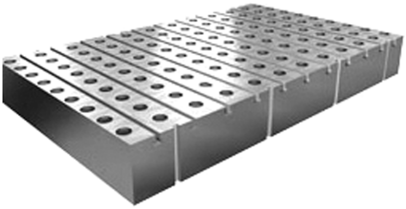


图 2-33　焊接薄板平台

（11）弯管的大操作台　它固定在支撑上，中部开圆孔。矩形花键轴由圆孔穿过操作台，弯管的小圆形胎具（边沿有半圆槽）的中部花键孔卡在花键轴上，将待弯曲的钢管放置在操作台上，钢管一侧与弯管小胎具的半圆槽贴合，另一侧与夹紧的夹具（内侧有半圆槽，上部有吊耳的槽钢）贴合，按下电源开关，弯管的小胎具旋转，即可进行弯管操作，如图 2-34 所示。

图 2-34　弯管胎具

（12）铣边机　冷作钣金加工制造的产品多为厚板，钢板在拼接时，为了焊透焊缝，保证焊接质量和焊接强度，必须要对钢板进行开坡口，铣边机是开坡口的设备之一，大型的铣边机长度近20m，外部的托料架由槽钢制作，槽钢的中部有几个滚子（稍突出于槽钢的表面），这样吊车将钢板放置到托料架上后，实际上钢板是与各支撑横梁的滚子接触，用滚动摩擦代替滑动摩擦移动钢板省力，如图2-35所示。

图2-35　铣边机的外部结构

将钢板放置在铣边机的外部托架上，在操作间内调整好钢板待铣边与铣刀的距离，用手拧动小压铁把钢板临时固定。撤去吊车钩。起动按钮，液压装置起动，几十个大压铁将钢板压紧。依据图样要求的坡口形状及角度，用操作按钮调整好两把铣刀，图2-36是在钢板的端面加工X形坡口，一把铣刀加工端面的上坡口，另一把铣刀加工端面的下坡口。厚钢板需多次铣削才能完成。如图2-36所示。

（13）刨边机　刨边机也是给钢板的端面加工坡口的设备，这种设备的历史比较悠久。将钢板放置在刨边机的外部托架上，调整好钢板待刨的边与刨刀的距离，用手拧动小压铁把钢板临时固定。撤去吊车钩。起动按钮，大压铁将钢板压紧。刨边机的前端有两把刨刀，加

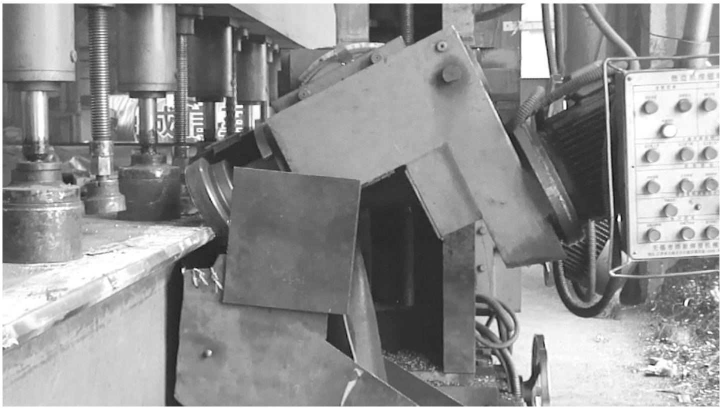


图 2-36　铣边机工作时的情形

工 X 形坡口时，一把刨刀加工端面的上坡口，另一把刨刀加工端面的下坡口。但每个行程只能加工一个坡口（上坡口或下坡口），不能像铣边机那样一个行程可同时加工端面的上下两个坡口。厚钢板也是需要多次刨削才能完成。如图 2-37 所示。

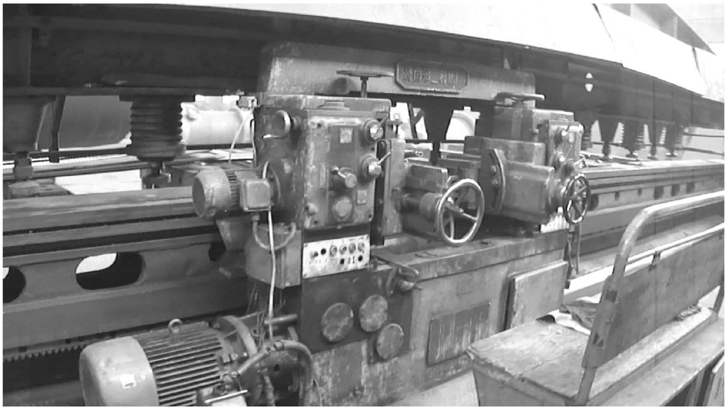


图 2-37　刨边机工作时的情形

（14）卷板机　它是将钢板滚成符合图样要求的圆筒或圆弧，图中是大型的卷板机。该卷板机冷滚钢板的最大板厚是 170mm，板料加热后可以滚弯的最大厚度是 250mm，可滚板料的最大宽度是

3200mm，滚弯最小的直径是 2500mm，通常是用来卷制 ϕ6000 ~ 8000mm 的圆筒或圆锥筒（可以分瓣滚制），如图 2-38、图 2-39 所示。

图 2-38　水平下调式三辊卷板机

图 2-39　卷板机的铭牌（技术参数）

（15）转罐机　分大型和小型，是由电动机、减速机、连轴节、主动滚轮、被动滚轮、底座所组成，它的结构简单、操作、维护容易。转罐机的传动线路如图 2-40 所示，闭合开关后，电动机带动减速机，动力传递到连轴节，再传递到蜗杆，再由蜗杆传递到斜齿轮，带动主动滚轮旋转。由于生产的搅拌釜、压力容器、塔器是定型产品，产品的外径是一定的，因此转罐机的主动和被动滚轮的轮距设计成固定的，如图 2-40、图 2-41 所示。

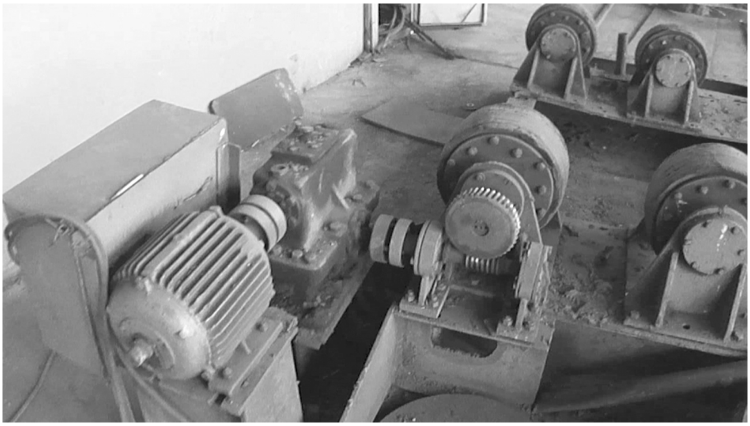


图 2-40　小型转罐机（用于组对小直径筒节及封头）

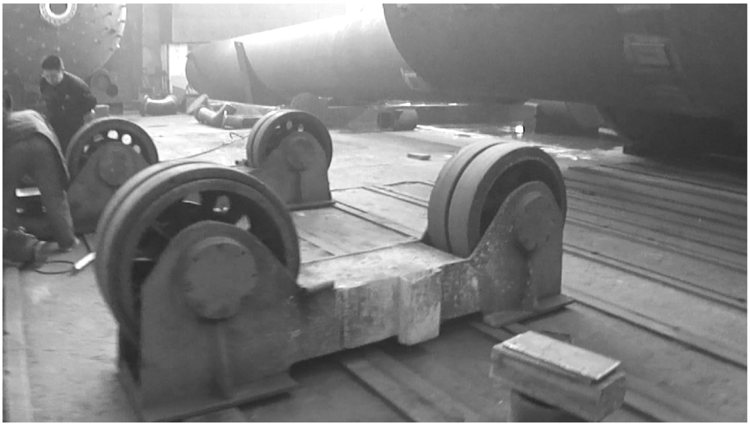


图 2-41　大型转罐机（用于组对大直径筒节）

（16）尺、样冲、扁铲、扳手、台式钻床等 如图2-42～图2-49所示。

图2-42 直角尺（弯尺）

图2-43 锤子

图2-44 钢直尺

图2-45 盘尺（卷尺）

图2-46 样冲

图2-47 扁铲

（17）折弯机 折弯机可将钢板弯曲成角钢或槽钢，提高钢板的强度及刚度，依据要弯曲钢板的不同厚度，相应的调整好折弯机的下部胎具（长度2m的长方体胎具，四个表面的V形槽大小不一样，厚板使用大槽，薄板使用小槽），下部操作台的中部有两根方管支撑，

用来放置即将折弯的钢板。用左右两端的调整螺杆把下胎具夹紧，以保证弯曲件的直角，如图 2-50 所示。

图 2-48　活扳手

图 2-49　台式钻床

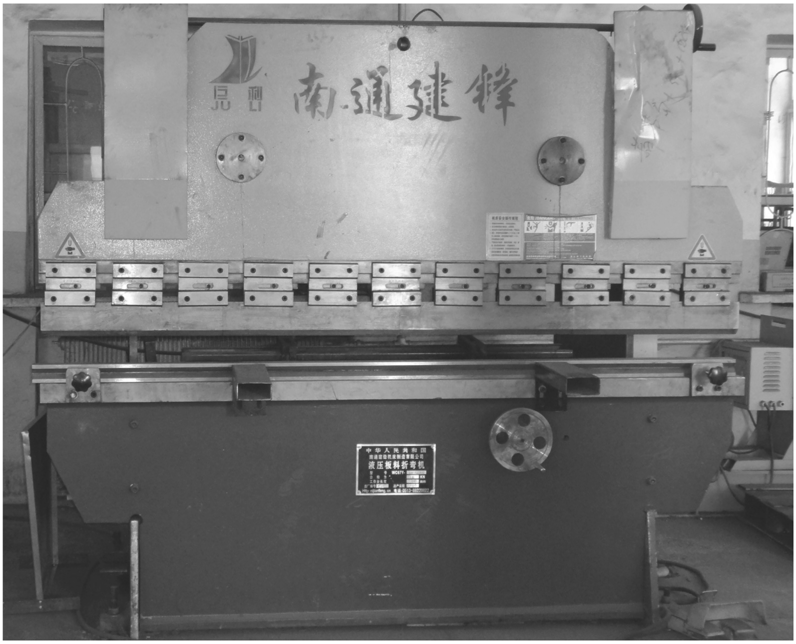


图 2-50　折弯机

（18）水压机、油压机　用来压制封头，图 2-51 为 5000t 油压机，可以用来压制各种厚壁封头（厚度大于 270mm），压制不同规格和形状的封头时需要依据图样的要求使用对应的胎具，还可在厚板滚弯圆筒前进行打头（消除板料的直边）、分瓣压制球体；加热炉（闷火窑）是用来对将要压制封头的钢板进行加热，提高其塑性，降低其硬度，如图 2-51、图 2-52 所示。

图 2-51　5000t 油压机

图 2-52　加热炉及压制各种封头的胎具

（19）小型对称三辊卷板机　它能卷板的厚度小于 10mm，钢板的宽度小于 2000mm。一个生产车间的同种卷板机，会有几种不同的规格，应依据产品的厚度进行选择，如图 2-53 所示。

上述的工具和设备仅是其中的一小部分，比如图 2-34 的弯管胎具仅简单介绍了电动弯管胎具，没有介绍中频弯管机及液压弯管机。又比如图 2-51 的油压机，在使用时会依据压制工件的大小、形状选用不同的胎具及压边圈。这些将在后面的项目涉及时进行介绍。

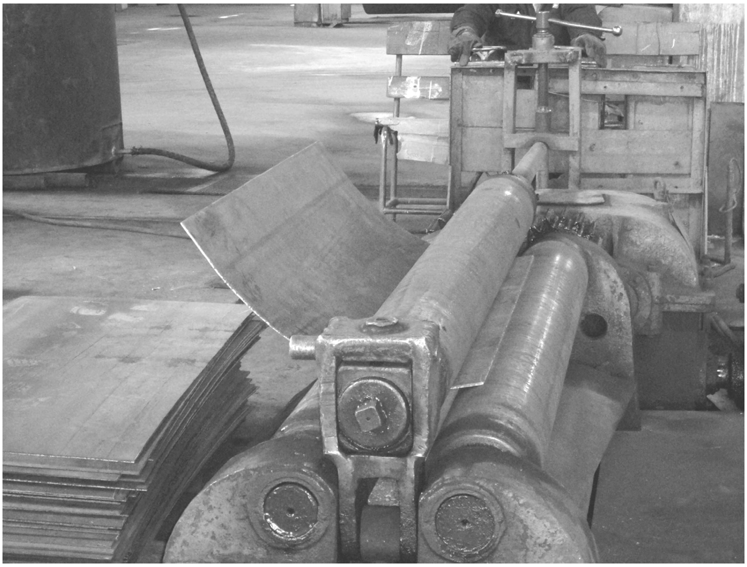


图 2-53　对称三辊卷板机

项目 3　钢材的表示方法

阐述说明

作为产品的制造者之一，要对钢材上所写标记有所了解，避免使用时出错。

工厂里大量的钢材作为原材料是堆放在生产场地附近的料场，每个车间也有小型料场。碳钢与不锈钢要分开堆放，各种规格的钢板分区堆放。型钢（钢管、角钢、槽钢）要分开放置，且型钢的放置区域要与钢板的放置区域隔开。每个场地都要有配合的吊车（天车），以便将原材料吊运到运输车上送到各加工车间，如图 2-54 ~ 图 2-56 所示。

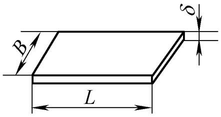
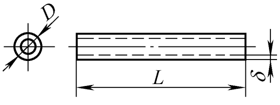
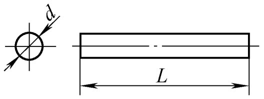
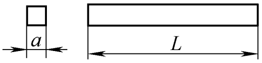
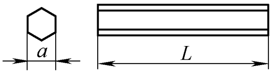
图 2-54 各种规格的碳钢钢板（料场的一角）

图 2-55 各种规格的槽钢、角钢、圆钢（料场一角）

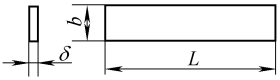
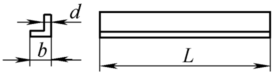
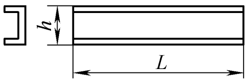
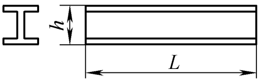
冷作钣金加工的第一道工序是放样号料，要看懂产品的结构图样及工艺要求，经过计算或作出展开图，拿着做好的样板及号料工具在钢板上号料，不能把材质规格搞错。因此必须要掌握钢材的表示方法。常见的主要钢材的表示方法见表 2-1。

图 2-56　各种规格的钢管（料场一角）

表 2-1　几种主要钢材的名称、形状和尺寸的表示方法

序号	名称	形　　状	尺寸表示方法
1	钢板		$\delta \times B \times L$（热轧）冷 $\delta \times B \times L$（冷轧） 例：钢板 10mm × 1000mm × 1200mm 表示厚度为 10mm，宽度为 1000mm，长度为 1200mm
2	钢管		管 $\phi D \times \delta \times L$（热轧）冷管 $\phi D \times \delta \times L$ 煤气管 $\phi D \times \delta \times L$ 例：管 ϕ30mm × 2mm × 5000mm 表示外径为 30mm，壁厚为 2mm，长度为 5000mm
3	圆钢		圆钢 $d \times L$ 例：圆钢 300mm × 2000mm 表示外径为 300mm，长度为 2000mm
4	方钢		方钢 $a \times L$ 例：方钢 100mm × 500mm 表示边长为 100mm，长度为 500mm
5	六角钢		六角钢 $a \times L$ 例：六角钢 80mm × 500mm 表示两平行表面间距离为 80mm，长度为 500mm

（续）

序号	名称	形　　状	尺寸表示方法
6	扁钢		扁钢$\delta \times b \times L$ 例：扁钢　与钢板的标记方法相同
7	角钢		L$b \times b \times d - L$（等边）L$B \times b \times d - L$（不等边） 例：L50mm × 50mm × 5mm − 2000mm 表示角钢的边长为 50mm，厚度为 5mm，长度为 2000mm
8	槽钢		[$h - L$ 例：　[10 − 3000 表示槽钢的高度为 100mm，长度为 3000mm
9	工字钢		工$h - L$ 例：工 10 − 3000 表示工字钢的高度为 100mm，长度为 3000mm

项目4　冷作钣金加工的技术特点及安全

阐述说明

冷作钣金工衍生出许多自成体系的工种，如线图工、放样工、落料工、刨边工、滚圆工、装配工、火曲工、冲压工等。本专业多道工序配合且与相关工种协作，方能制造出合格的产品。冷作钣金工的作业面大，几个人配合操作，部件较重。工作经常变换内容，集体作业多，不安全的因素产生的机会较多。看下面的图片会对冷作工的综合性有所了解，如图 2-57 ~ 图 2-68 所示。

1）放样号料是第一道工序，需要完成审图、放样和计算，确定后续加工余量后，拿着号料本及号料工具，到料场核对材料的牌号规格并进行号料，如图 2-57 所示。

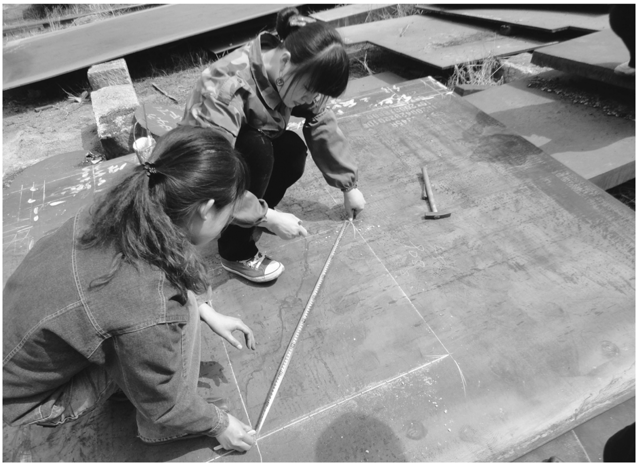


图 2-57　在钢板上号料

2）采用冲压加工制造各种压力容器的封头（整体、分瓣），将圆板在加热炉加热到 1100℃左右，用吊车将其吊到压力机前，几个人用长钳子夹住烧红的圆板，指挥吊车把圆板放在下胎具上，调整好圆板的位置，发出进行冲压的指令，操作室（图中镶玻璃的房子）内的操作人员按下冲压控制按钮，完成板料的冲压加工。底部的操作台上是已经压好的封头，如图 2-58 所示。

图 2-58　用水压机压制封头

3）采用滚圆加工制造各种压力容器的筒体（滚出完整筒节、特大筒体则滚弯出符合图样曲率要求的弧板，各弧板组对成大圆筒），用吊车将钢板吊入卷板机（液压装置使端面的活动机架向下运动）的两个下辊之上，起动液压装置盖上活动机架，然后进行滚压，如图2-59所示。

图2-59 滚压圆筒

4）封头压制成形后，放到专用的托架上，利用高度架和盘尺检查封头的中心是否处于托架的中心，高度架上有与封头相接触的小齿轮和石笔，电动机驱动小齿轮旋转，小齿轮带动托架上封头旋转，石笔就在封头上画出痕迹，完成对封头将要齐边的部位划线，然后按所画的线用氧乙炔焰进行切割，去掉封头上的余量，如图2-60所示。

5）装配换热器的裙座。检测裙座位置及高度，然后指挥焊工进行定位焊，如图2-61 所示。

6）对复合钢板（内板是不锈钢、外板是碳钢）封头的内表面进行抛光，如图2-62 所示。

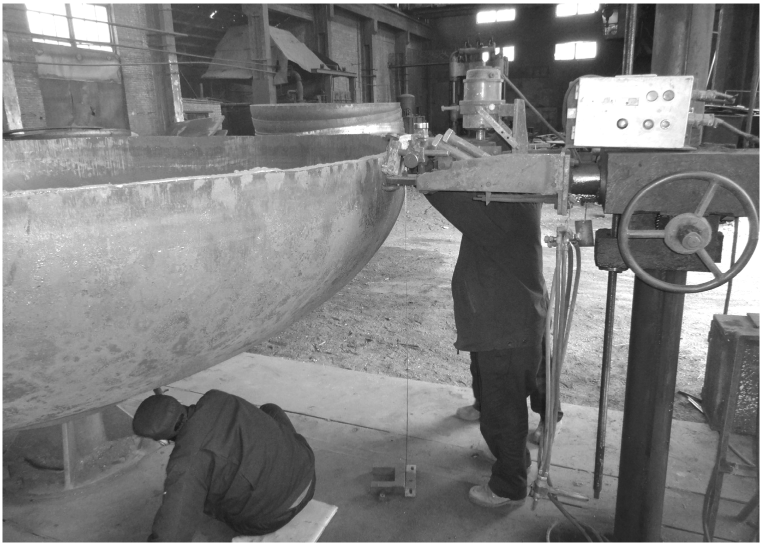


图 2-60　给封头齐边开坡口

图 2-61　组对换热器支座

图 2-62　不锈钢封头内表面抛光

7）在吊车工、焊工配合下对封头与筒节进行装配（立装）及定位焊，如图 2-63 所示。

图 2-63　封头与筒体的立式装配

8）换热器的隔板钻孔装配焊接完毕，将弯曲成U形的不锈钢管穿入隔板，这是一项繁琐又浩大的工程，要检查每根管子的弯曲曲率，管头是否光滑无飞边，若有飞边用手提式电动（或风动）砂轮机修磨。然后两人用特定的穿管工具把管头送入隔板，另一人用木锤（防止在管子上打出锤痕）击打管子后部U形部位，使穿入的管子准确到位，如图2-64所示。

图2-64 向换热器的隔板中穿入不锈钢管

9）对于特大型工件（图中由六瓣组成的大圆锥体，是炼油装置的一个部件，锥体的内径为8m、板料的厚度为100mm，每一瓣的重量较大），只能用吊车配合，在装配车间中选择宽敞的位置，铺上较厚的钢板当装配平台，在这个装配平台上画出圆锥体的俯视图的上下口线，在上口线位置焊辅助立柱、在下口线位置（圆锥体的外侧）焊辅助挡铁，如图2-65所示。

10）装配各种干燥机、煅烧炉、反应塔（图中是脱甲烷塔），因产品的高度较大，所以需分段（一般分为三段）进行卧装，这样使每一段的长度在30～50m。即使这样，每一段在装配的过程中，容器的内部也是一片漆黑，需要灯光照明。看图样、定基准、量尺寸、号位置都要格外仔细，如图2-66所示。

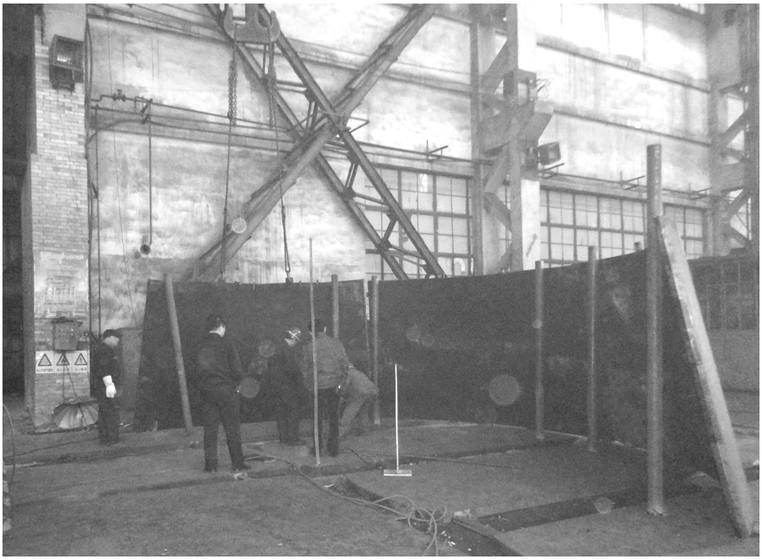


图 2-65 特大锥体的地样与胎型结合的装配

图 2-66 安装脱甲烷塔内的连接板

11）有些钢板需要二次号料（第一次号料由线图工完成），将钢板用吊车吊运到操作台上，按图样要求的尺寸及形状划线，用剪板机使钢板按划线的位置剪断分离，如图 2-67 所示。

图 2-67 剪切钢板

12）用铣边机（或刨边机）将钢板的端面开出坡口，便于钢板的拼接（工件的尺寸不够大）和焊接，要保证焊透，保证构件的连接强度，如图 2-68 所示。

小结 从上面的例子可以看出，冷作加工是集体作业，协作配合十分重要。冷作产品具有不定型、劳动强度大、作业面广的特点，除掌握本专业的知识和技能外，还要了解一点焊接和起重的知识。因为工作经常变换内容，安全问题尤其突出，必须严格遵守操作规程。

图 2-68 刨削坡口

项目5 冷作钣金加工的基本工序

1. 冷作钣金加工工序

按加工的性质分为备料、放样、加工成形和装配连接四大工序。其基本工序有放样、号料、切割（剪切、氧乙炔焰切割、等离子弧切割）、弯曲、冲压、装配和连接等。

2. 放样

依据零件图画出放样图，确定零件的实际形状和尺寸，作出零件的展开图及检查样板，称为放样。图 2-69 是学生在做出煤气管道支架的号料样板和检查样板后，为了避免在实际制作过程中走弯路，验证自己审核图样的能力及获得一些装配的经验，将号料的厚纸板用胶带纸粘成实物模型（按 1∶1 的比例），这是冷作工学习和提高技能的一个重要的途径，如图 2-69 所示。

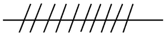
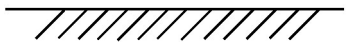
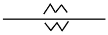
图 2-69 放样

3. 号料

号料是利用号料样板在原材料上画出加工线、各种位置线、加工符号及打好样冲眼，并用白油漆书写工程号和子号，称为号料。如图 2-70所示。放样中常见的加工符号见表 2-2。

图 2-70 号料

表 2-2 放样号料常用的加工符号

序号	名称	符号
1	切断线	
2	余料切线（斜线为余料）	
3	中心线	
4	板缝线	

4. 气割

用氧乙炔焰切割，称为气割。适用于板厚大于30mm的钢板（可以切直线亦可切曲线），图中是CG1－30型小车式半自动切割机，小车带着割嘴在专用的轨道上自动地移动，轨道可根据需要人为调整。两辆小车的割嘴都处于倾斜的位置，一辆在切割下坡口，另一辆在切割上坡口，完成钢板端面的坡口加工（加工坡口的目的与铣边、刨边相同），如图2-71所示。

图2-71 气割（齐边后开上下坡口）

5. 弯管

1）将钢管用胎具弯成符合图样要求的形状及曲率，称为弯管。

2）图2-72和图2-73是弯曲聚合釜封头上冷却用的半管，对管子进行弯曲是为了将几根完整的管子（8m长）进行对接。起动开关，电机带动管子及内外侧胎具（滚轮）旋转，将管子弯曲成符合要求的整圈。用吊车将弯曲成整圈的管子吊走，送到焊接平台上，用氧乙

炔焰切割成几段，运到下道工序装配车间。这些成段的管子在封头上二次号料后，才能切割成半管。

图 2-72 用弯管机（胎具内侧）弯曲钢管

图 2-73 用弯管机（胎具外侧）弯曲钢管

3）将封头底部的圆周划分为 12 等份，从底部到顶部划分为 7 层（依据封头直径的大小来决定划分的层数），这样就把封头划分为 12 瓣。在每一格内填写好要装配半管的层数和根数（前面的数字是层数，后面的数字是该层的根数），通常截切的一段管子占两格。每一

段管子划线号料后要标记清楚（层数、根数），下道工序按划线的位置切割后得到半管，如图 2-74～图 2-78 所示。

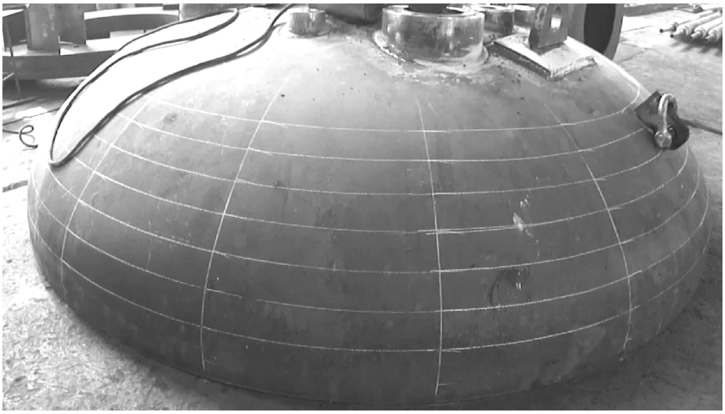


图 2-74　等待装配半管的封头

图 2-75　标记封头各层半管位置

图 2-76　将截断的弯管按封头的位置二次号料

图 2-77　在封头上二次号料完毕的弯管

6. 弯半管

图 2-79 是弯曲聚合釜筒体上冷却用的半管，电动机带动半管机的滚轮（上轮是凸轮，下轮带有凹槽）对钢板条旋转碾压，将钢板条弯曲成符合图样要求曲率的半管，如图 2-79 所示。

图 2-78 切割完毕的半管

图 2-79 将钢板弯曲成所要求的半管

7. 卷板（滚板）

钢板经剪切刨边（薄板不需要刨边也能保证焊接质量）后，放置到卷板机的轴辊之间，用卷板机卷成符合图样要求形状和曲率的圆筒、圆弧板（较大的圆筒由几块钢板拼成）、圆锥、扇形等。图中的设备是最常见的小型对称式三辊卷板机（可卷板宽 2000mm），图2-80所示为卷板机正在卷制小圆筒。

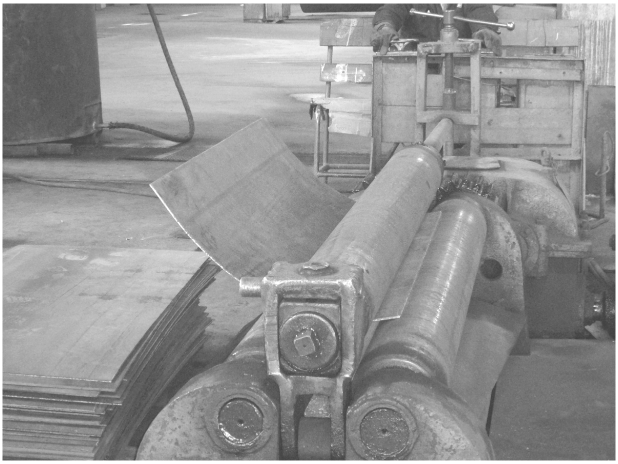


图 2-80　对称式三辊滚板机滚圆筒

8. 冲压封头

将圆形的钢板放入加热炉中加热后，用叉车将其取出。用吊车把钢板吊放到压力机前面，冷作工拿着工具，指挥吊车将圆板卸放到下胎具上，用撬棍调整好板料在下胎中的位置后，起动按钮将压力机的压边圈及上胎落下，把圆形钢板压制成椭圆形封头，如图 2-81 所示。更换冲压胎具，还可以进行球瓣（俗称压瓜皮）、锥体分瓣（扇形）、大型半管的冲压。

图 2-81　用压力机冲压封头

9. 装配

1）按图样和技术要求，把多个部件按正确的顺序，利用吊车、转罐机、检测工具组成符合图样要求尺寸、位置、精度的整体，称为装配。

2）图 2-82 是不锈钢煅烧炉的两段，其中隔板已经钻孔并按图样要求装配完毕，将要进行炉体的对接。

图 2-82 不锈钢煅烧炉炉体的装配

3）此煅烧炉共有三节，每节都有十几米，每节内部多圈的隔板装配焊接后，三节对接。图中最前端所焊临时支撑的孔眼（每节的两端都有）是为对接时透光检测用，用来检测三节煅烧炉装配成整体后的同轴度，如图 2-83 所示。

4）对于压力容器的装配，先装配零件、再装部件、最后装配整体。脱甲烷塔有四节，每节有三十多米，按图样先将内部受液槽支座及进口连接板定位焊，连接成部件，检测其零件位置、平行度、垂直度后，用转罐机旋转该节塔身，对称的组对塔内另一侧的支座及连接板，然后向内部逐圈进行装配，如图 2-84、图 2-85 所示。

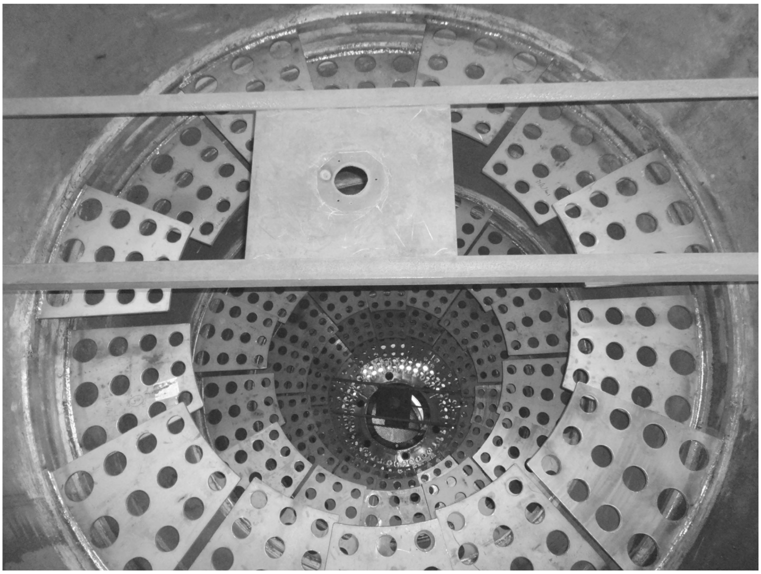


图 2-83　煅烧炉内部隔板的装配

图 2-84　脱甲烷塔受液槽支座及进口连接板的连接（定位焊）

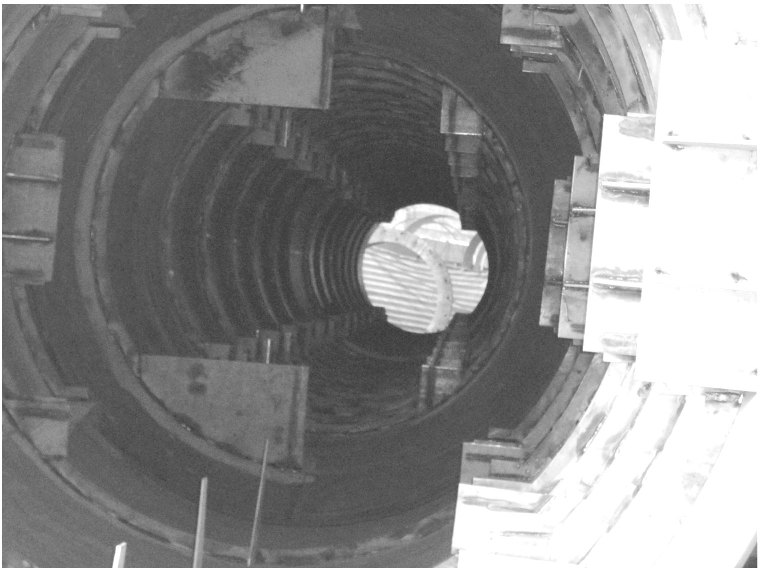


图2-85 脱甲烷塔受液槽支座及进口连接板装配（定位焊）

小结 冷作工制造产品的过程中，离不开与其他工种的合作。金工和机修车间为产品加工搅拌轴、齿轮、键槽、法兰、钻孔等。与冷作工联系密切的是焊工和吊车工，可谓是形影不离。当冷作工按图样组对好工件的位置后，焊工要对工件进行定位焊，这种情形在制造车间随处可见。焊工还要进行板料的拼接（小拼大）、板料滚成圆筒焊纵缝、圆筒与圆筒对接后焊接环缝、封头与圆筒的对接等。吊车工则是把装配好的部件吊走，把需要的材料吊来。

模块3　放样与号料

项目1　放样的步骤与作图类型

阐述说明

放样是制造冷作产品的第一道工序，产品通过放样以后，才能进行下料、剪切、刨边、滚圆、装配等工序。放样是保证产品质量、缩短生产周期和节约材料的重要因素之一，是一项十分重要而又细致的工作。

1）线图工要仔细地审读产品的图样，然后按图样的子号逐个零部件分析计算（包括后序的加工余量），并记录在自己的放样本上，有的零件要进行实尺放样（1∶1 比例），并作出构件的展开图，作为号料的样板，如图3-1所示。

图3-1　放样审图

2）制作样板的材料有黄厚纸、油毡纸、镀锌铁皮等。通常使用黄厚纸来制作，样板的尺寸要保证准确，标明工程号和必要的数据，防止不同工程的样板弄混淆，如图 3-2 所示。

图 3-2 用黄厚纸（或油毡纸或镀锌铁皮）制作样板

3）识图能力强，了解加工工艺和各工序之间需要的加工余量，是放样工（线图工）必须具备的专业素质。但这远远不够，为保证产品尺寸的准确性和工作效率，要熟练地掌握各种划线工具的使用（长划规、划规、划针、画线盘、直角尺、钢直尺、样冲、粉线等）如图 3-3 所示，还要熟练掌握基本几何图形的画法。冷作工常用的作图类型及步骤见表 3-1 ~ 表 3-5。

图 3-3 放样号料的部分工具及制作的样板

表 3-1　平行线与垂直线

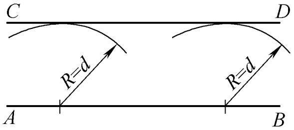
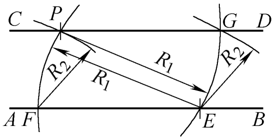
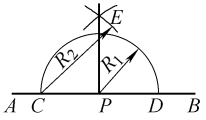
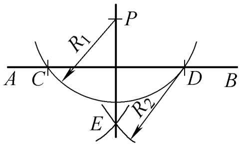
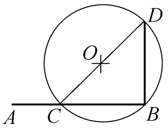
类型	作图条件与要求	图　形	作图步骤与方法
平行线的画法	作与已知线段 AB 相距为 d 的平行线		① 在 AB 上任取两点为圆心，以 d 为半径，作两圆弧 ② 作两圆弧的切线 CD，则 $CD/\!/AB$ 注意：两圆心的距离不宜太近
平行线的画法	过 P 点作与已知线段 AB 的平行线		① 以 P 为圆心，R_1 为半径作弧交 AB 于 E 点（R_1 大于 P 到 AB 的距离） ② 以 E 为圆心，R_1 为半径作弧交 AB 于 F 点 ③ 以 E 为圆心，FP 为半径作弧与以 P 为圆心 R_1 为半径作的弧交于 G 点 ④ 连接 PG，则 $PG/\!/AB$
垂直线的画法	作过 AB 上一点 P 的垂线		① 以 P 为圆心，适当长度 R_1 为半径作弧分别交 AB 于 C、D 两点 ② 分别以 C、D 为圆心，R_2（$R_2>R_1$）为半径作弧交于 E 点 ③ 连接 PE，则 $PE\perp AB$
垂直线的画法	过 P 点作与已知线段 AB 的垂线		① 以 P 为圆心，适当长度 R_1 为半径作弧分别交 AB 于 C、D 两点 ② 分别以 C、D 为圆心，R_2（$R_2>R_1$）为半径作弧交于 E 点 ③ 连接 PE，则 $PE\perp AB$
垂直线的画法	作过 AB 上一端点 B 的垂线		① 任取线外一点 O，并以 O 为圆心，取 $R=OB$ 为半径作弧交 AB 于 C 点 ② 连接 CO 并延长，交圆弧于 D 点 ③ 连接 BD，则 $BD\perp AB$

表 3-2 线段及角的等分

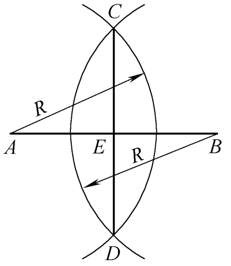
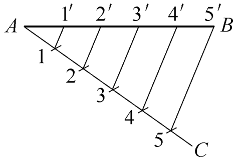
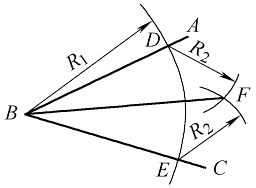
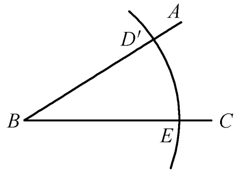
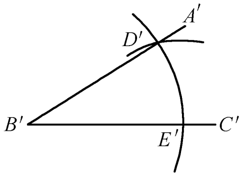
类型	作图条件与要求	图形	作图步骤与方法
线段的等分	作线段 AB 的二等分		① 分别以 A、B 为圆心，以 $R > \frac{1}{2}AB$ 为半径作弧，两圆弧相交 C、D 点 ② 连接 CD，CD 交 AB 于 E 点，则 E 点为 AB 的二等分点
	作线段 AB 的任意等分（图例为五等分）		① 过 AB 的一端点 A 作辅助线 AC ② 从 A 点开始，在 AC 上截取等距点 1、2、3、4、5 ③ 连接 $B5$，再分别过 4、3、2、1 点作 $B5$ 的平行线，分别交 AB 于 $4'$、$3'$、$2'$、$1'$，则 $1'$、$2'$、$3'$、$4'$ 为 AB 的五等分点
角度的等分	作 $\angle ABC$ 的二等分		① 以角顶点 B 为圆心，适当长度 R_1 为半径作弧交 BA、BC 于 D、E 点 ② 分别以 D、E 为圆心，$R_2 > \frac{1}{2}DE$ 为半径作弧交于 F 点 ③ 连接 BF，则 BF 将 $\angle ABC$ 二等分
作已知角	作与已知角 $\angle ABC$ 相等的角		① 作一直线 $B'C'$ ② 分别以 B、B' 为圆心，适当长 R 为半径作弧，交 $\angle ABC$ 于 D、E 点，交 $B'C'$ 于 E' 点 ③ 以 E' 为圆心，DE 为半径作弧，交弧于 D' 点 ④ 连接 $B'D'$，则 $\angle A'B'C' = \angle ABC$

表 3-3 圆的任意划分

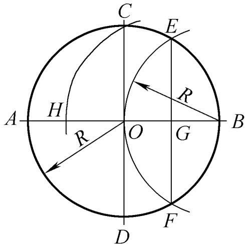
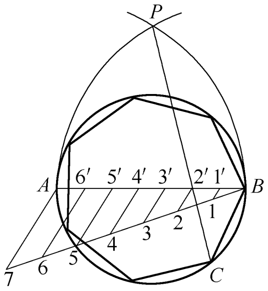
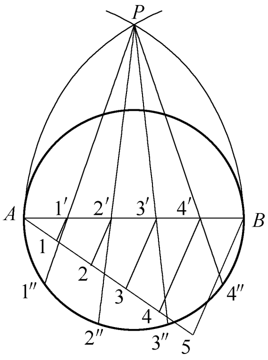
作图条件与要求	图　　形	作图步骤与方法
将圆三、四、五、六、七、十、十二等分，即作圆的内三角形、四边形、五边形、六边形、七边形、十边形、十二边形		① 过圆心 O 作两条相互垂直的直径线 AB、CD ② 以 B 为圆心、圆的半径 R 为半径作弧交圆周于 E、F 点，连接 EF 并交 AB 于 G 点 ③ 以 G 为圆心，GC 为半径作弧交 AB 于 H 点 ④ 则 EF、BC、CH、BO、EG、HO、CE 分别为该圆周的三、四、五、六、七、十、十二等分弦长
将圆任意等分（图中为七等分）即作圆内接七边形		① 将圆的直径 AB 七等分 ② 分别以 A、B 为圆心、AB 为半径作弧交于 P 点 ③ 连接 P 和直径的偶数等分点 2′，并延长与圆周交于 C 点 ④ 则 BC 为该圆周的七等分弦长
将半圆弧任意等分（图中为五等分）		① 将直径 AB 五等分 ② 分别以 A、B 为圆心，AB 为半径作弧交于 P 点 ③ 分别连接 P—1′、P—2′、P—3′，P—4′，并延长与圆弧交于 1″、2″、3″、4″点，即为半圆弧的五等分点

表 3-4 正多边形的画法

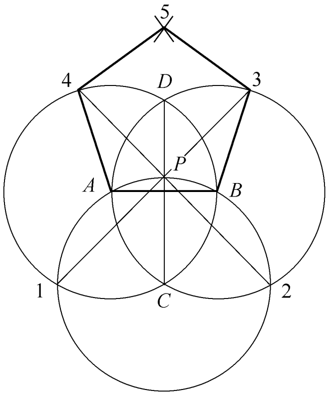
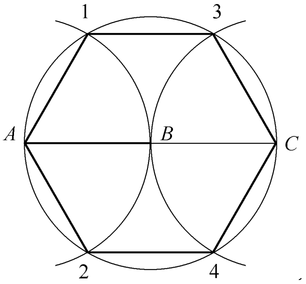
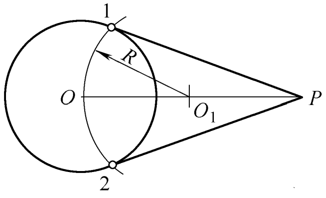
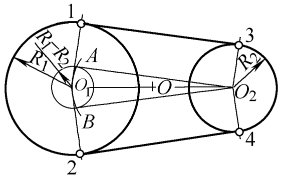
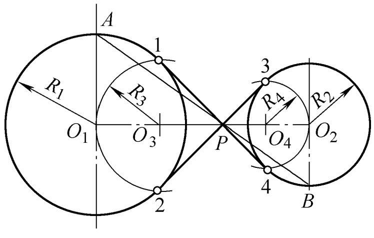
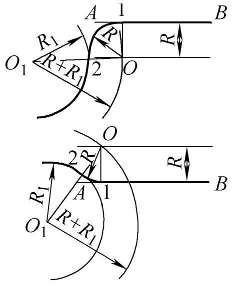
作图条件与要求	图　　形	作图步骤与方法
已知一边长 AB，作正五边形		① 分别以 A、B 为圆心，以 AB 为半径作两圆相交于 C、D 两点 ② 以 C 为圆心，同样长度为半径作圆，分别交 A 圆于点 1，B 圆于点 2 ③ 连接 CD 交 C 圆于 P 点，分别连接 $1P$ 并延长交 B 圆于点 3、连接 $2P$ 并延长交 A 圆于点 4 ④ 分别以 3、4 为圆心，以 AB 长度为半径作弧交于点 5，则以上 A、B、3、4、5 点即为正五边形的顶点
已知一边长 AB，作正六边形		① 延长 A、B 到 C，使$AB=BC$ ② 以 B 为圆心，AB 为半径作圆 ③ 分别以 A、C 为圆心，同样的长度为半径作弧，交圆周于 1、2、3、4 点 ④ 1、2、3、4 以及 A、C 点即为正六边形的顶点

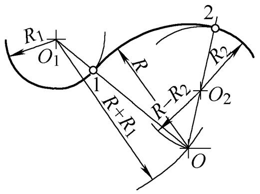
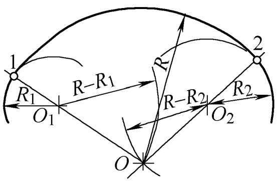
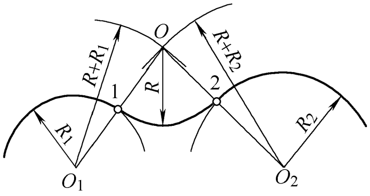
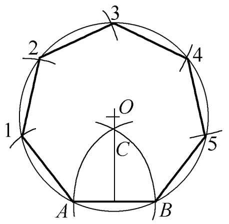
表 3-5 圆内外切线的画法

作图条件与要求	图　　形	作图步骤与方法
从圆外一点 P 作圆的切线		① 连接 OP，并取 OP 的中点为 O_1 ② 以 O_1 为圆心，$O\ O_1$ 为半径作弧与圆 O 相交于 1、2 两点 ③ 连接 $1P$、$2P$ 即为圆的切线 原理：圆的切线垂直于经过切点的半径，或 30° 角所对的直角边等于斜边的一半

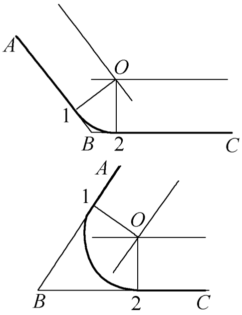
（续）

作图条件与要求	图　　形	作图步骤与方法
两圆的切线（外切）		① 以 O_1 为圆心，（R_1-R_2）为半径作圆 ② 连接 O_1O_2，并以 O_1O_2 的中点 O 为圆心作弧与圆 O_1 得 A、B 两交点 ③ 分别连接 O_1A 和 O_1B，并延长使之与圆 O_1 相交于1、2两点 ④ 分别过1、2两点作 AO_2 和 BO_2 的平行线，且平行线与圆 O_2 的切点分别为3、4，则13、24即为所求切线
两圆的切线（内切）		① 连接 O_1O_2，并分别过 O_1、O_2 作其垂线，与两圆相交得交点A、B ② 连接 AB 并与 O_1O_2 交于 P 点 ③ 以 PO_1 的中心 O_3 为圆心，$\frac{1}{2}PO_1$ 为半径作弧交 O_1 圆于1、2两点，再以 PO_2 的中心 O_4 为圆心，$\frac{1}{2}PO_2$ 为半径作弧交 O_2 圆于3、4两点 ④ 连接1、4点和2、3点即为所求切线
用半径为 R 的圆弧连接半径为 R_1 的圆弧和一条直线 AB		① 在欲与圆弧相交的一侧作 AB 的平行线，距离为 R ② 以 O_1 为圆心，$R+R_1$ 为半径作弧与平行线相交于 O 点 ③ 过 O 点先作 AB 的垂线并与 AB 相交于点1，再连接 O、O_1 并与圆弧相交于点2 ④ 以 O 为圆心，R 为半径作弧连接1、2点，即得所求圆弧

（续）

作图条件与要求	图　　形	作图步骤与方法
用半径为 R 的圆弧连接两个半径分别为 R_1、R_2 圆弧（内外切）		① 分别以 O_1 和 O_2 为圆心，$R+R_1$ 和 $R-R_2$ 为半径作弧相交于 O 点 ② 分别连接 O、O_1 和 O、O_2 并得交点 1、2 ③ 以 O 为圆心，R 为半径作弧连接 1、2 点即得所求圆
用半径为 R 的圆弧连接两个半径分别为 R_1、R_2 的圆弧（内切）		① 分别以 O_1 和 O_2 为圆心，$R-R_1$ 和 $R-R_2$ 为半径作弧相交于 O 点 ② 分别连接 O、O_1 和 O、O_2 并延长得交点 1、2 ③ 以 O 为圆心，R 为半径作弧连接 1、2 点即得所求圆弧
用半径为 R 的圆弧连接两个半径分别为 R_1、R_2 的圆弧（外切）		① 分别以 O_1 和 O_2 为圆心，$R+R_1$ 和 $R+R_2$ 为半径作弧相交于 O 点 ② 分别连接 O、O_1 和 O、O_2 并得交点 1、2 ③ 以 O 为圆心，R 为半径作弧连接 1、2 点即得所求圆弧
已知一边长 AB，作正七边形（或九边形、五边形）		① 分别以 A、B 为圆心，AB 为半径作弧并交于 C 点 ② 过 C 作 AB 的垂线 ③ 在 C 点上方取一点 O，使 $CO=\frac{1}{6}AB$，若作九边形，应使 $CO=\frac{1}{2}AB$，若作五边形，应在 C 点下方取一点 O，并使 $CO=\frac{1}{6}AB$ ④ 以 O 为圆心，OA 为半径画圆 ⑤ 以 AB 长度为弧长在圆周上截取等分点，并连接各点即为正七边形

（续）

作图条件与要求	图　　形	作图步骤与方法
用半径为 R 的圆弧连接两直线		① 分别在两直线角内侧（<180°）作距离为 R 的平行线，两线相交于 O 点。 ② 过 O 点分别作两直线的垂线，并相交于 1、2 点 ③ 以 O 为圆心，R 为半径作弧连接 1、2 点即得所求圆弧

项目 2　筒体及法兰的套料号料

阐述说明

线图工要掌握常用的作图类型，会进行零件的放样及计算、套料及排版。这样既能满足产品的使用性能，又能提高材料的利用率，降低生产成本。

材料的利用率是指零件的总面积与板料总面积之比的百分数，号（下）料时必须采用各种方法，最大限度的提高材料的利用率，以节约材料。常用的节约用料方法有下面四种。

1. 集中下料法

将各类产品中使用相同牌号、相同厚度的零件集中在一起进行下料，这样可以统筹安排，大小搭配，充分利用原材料，提高材料的利用率。

2. 长短搭配法

长短搭配法适用于型钢（角钢、槽钢、工字钢）的下料，由于零件的长度不一，而原材料又有一定的规格，下料时先将较长的料排出来，然后计算出余料的长度，根据余料的长度再排短料，这样长短搭

配，使余料最小。这种方法在后面的煤气管道支架的号料时会用到。

3. 零料拼整法

在实际生产中，为了提高材料的利用率，在工艺许可的条件下，将零件的整体结构改成以小拼整的结构。如制造大封头的圆板（将一块圆板改成两块或三块拼接）、法兰（分成四分之一再拼焊）常采用这种方法下料，拼焊后，要用手砂轮修磨焊缝，如图 3-4、图 3-5 所示。

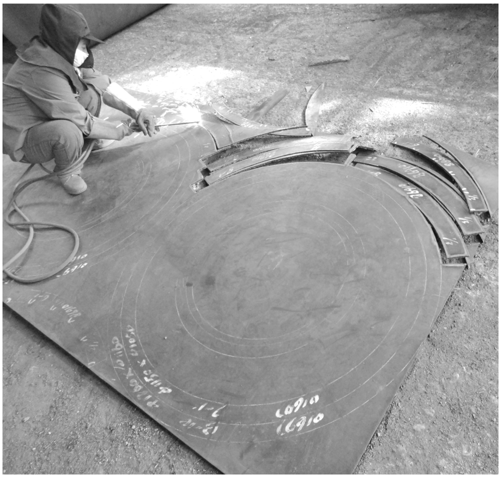


图 3-4　用氧乙炔焰切割钢板后拼接法兰

图 3-5　4 段拼接的法兰焊后修磨焊缝

4. 排样套料法

当零件的下料数量较多时，为使板料得到充分利用，必须精心安排零件的图形位置，同一形状的零件或各种不同形状的零件进行排样套料。

5. 筒体的号料

1）生产车间会同时接到几个不同的生产任务，这些产品的交货期限不同，也就是说产品的制造有轻重缓急。每个放样工接到产品的图样后，审图、按图样的子号逐项计算、做号料样板，把这些记录在自己的号料本上。但大量钢材的采购需要时间，也有些买方常常是带料加工，因此放样工做完样板后并不能去料场号料。下图是接到几台聚合釜和铁路槽车的材料到位的通知后，放样工带着几个工程的号料本及样板来到料场，对材料的材质、板料的尺寸核对以后，依据号料本计算的结果，结合板料的幅面，考虑最佳的号料方案（集中套料、长短搭配）来提高材料的利用率。并将号料的思路、号料的尺寸用石笔画在钢板上，这样对号料操作会很方便，便于检测号料尺寸，防止出现号料错误，如图 3-6、图 3-7 所示。

图 3-6 用号料本及制作的样板到钢板上进行筒节的号料

2）排料时，若钢板的一边比较整齐，那么可以把这一边作为号料的基准线，图样中较长的直线，要用粉线弹画出来，避免用直尺分段划线产生误差。划线时，先将粉线涂满白粉，然后由两人将粉线拉紧后按在钢板上，在粉线的中部垂直提起粉线到适当的高度后松开，

图 3-7 在钢板上用石笔画出排料的位置

钢板上就弹画出线条（在风力较大的天气不能弹画粉线，防止把线吹斜而造成划线误差）。如图 3-8、图 3-9 所示。

图 3-8 在钢板上按排料的位置进行号料

图 3-9　用粉线弹出直线

3）复查钢板上号料的各种尺寸是否正确，检验线（与基准线距离 50mm，钢板经过剪切、刨边加工后，若尺寸出现误差，从检验线就能判断出那道工序出了差错，避免出现责任不明而无人负责的情况）及各种轮廓线是否都用粉线弹出，有无遗漏或不清晰。核对无误后，打上样冲眼，如图 3-10 所示。

图 3-10　在粉线上打样冲眼

4）用白油漆仔细的书写加工符号和工程单号，如图 3-11 所示。

图 3-11 用白漆写工程单号及加工符号

5）最后在钢板上打上钢印（工程号及子号），对于套料号料（一块钢板上号了几个工程的用料）的钢板，更需仔细打好钢印，避免后序加工出差错，如图 3-12、图 3-13 所示。

图 3-12 在钢板上打上钢印（工程号及子号）

图 3-13 套料号料的钢板每块钢板的工程号必须要把钢号打清楚

线图工把上面的一张钢板号料完毕，料场的吊车就会迅速将号好的钢板吊走，装到来取料的运输车上，运到加工车间进行剪切或气割加工。线图工就可以继续对下面的钢板进行号料，如图 3-14 所示。

图 3-14 号好的钢板用吊车吊走放到运输车上运到加工车间

项目3 煤气管道支架的放样号料

阐述说明

支架构件需要展开放样较少，但需要将构件的整体进行实尺放样（1∶1），按放样尺寸来确定连接杆的实际长度，保证板和连接杆的焊接长度，保证两者之间的焊接强度。支架类构件是学生进行实训的典型项目之一。

煤气管道支架的制作步骤：

1）煤气管道支架的尺寸及技术要求，如图3-15所示。

2）分析图样，确定放样（肋板、地脚板、托板、支撑板）及号料（立柱）的尺寸。

3）分析图3-15煤气管道支架，它是由钢板、钢管和角钢组成，不需要弯曲加工及展开放样，只需在平台上按1∶1的比例绘制煤气管道支架图样。由图样结合标题栏分析如下：

序号1——立柱，ϕ60mm的管子四根，高度是1068mm（1078－10mm）。四根管子的中心线构成的平面中有两个正平面、两个侧平面。

序号2——托板的厚度为10mm，共有两块，处于水平位置，是为了托住支撑板18。托板是长500mm的矩形，矩形宽度由剖视视图*E-E*可知是80mm，画出宽度的中心线，在中心线上从两端向里量30mm得交点。以交点为圆心，30mm为半径画弧，完成托板的放样（托板500mm长度的两端开ϕ60mm半圆槽）。

序号3——连接板有四块，尺寸为80mm×60mm×8mm，前后两个正平面各两块。板厚的中心与管子的中心重合。

序号4——斜杆四根，前后两个正平面各两根。材料是∟45mm×45mm×5mm的等边角钢，两根角钢的位置是背靠背交叉分别焊接在衬板6的前后面上。

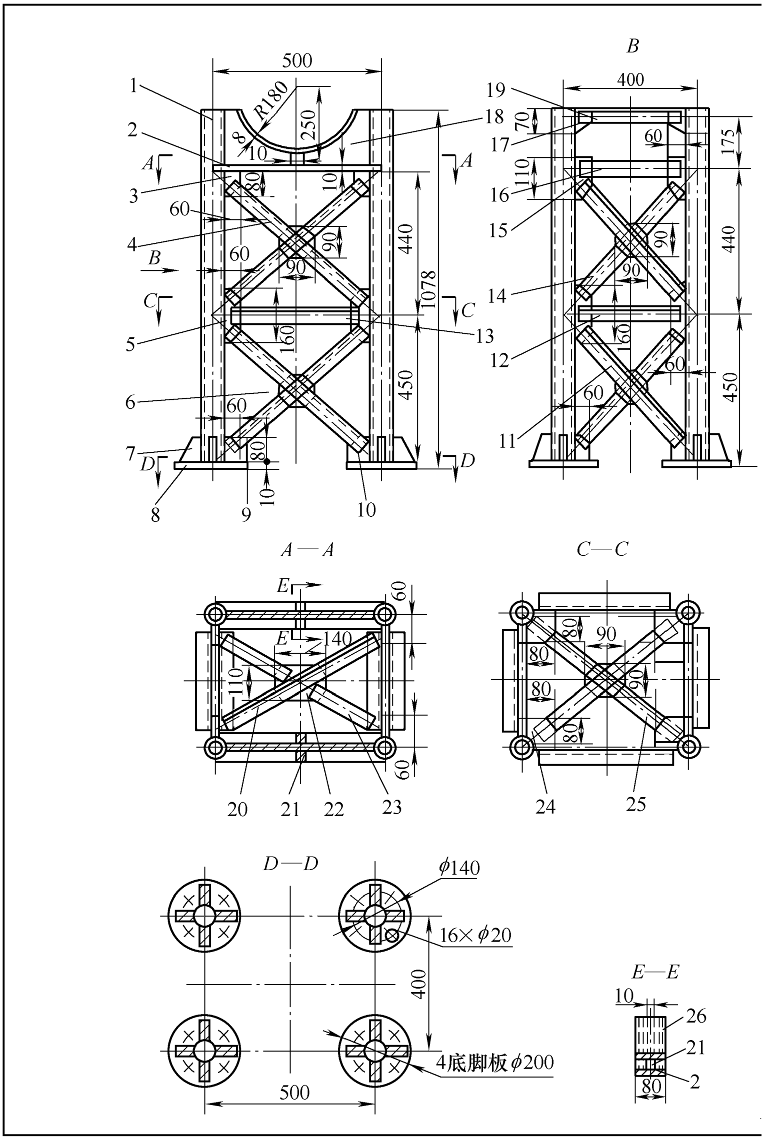

B
A—A
C—C
D—D
E—E
500
400
R180
8
250
10
70
175
110
60
80
90
440
450
160
1078
140
16×ϕ20
ϕ140
4底脚板ϕ200
A
B
C
D
E
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

图 3-15　煤气

技术要求

1.装配时全部手工电弧焊接。

2.R180圆弧托板的圆心相对于轴线的偏心不得超过2mm。

3.各搭接焊缝长度不得小于30mm。

4.工件表面涂防锈漆两遍。

26	圆弧托板	2	Q235	钢板 δ=8
25	水平斜杆	2	Q235	角钢45×5
24	连接板	4	Q235	钢板 δ=8
23	水平斜杆	2	Q235	角钢45×5
22	衬板	1	Q235	钢板 δ=8
21	加强板	4	Q235	钢板 δ=10
20	水平斜杆	1	Q235	角钢45×5
19	侧平杆	4	Q235	角钢45×5
18	支撑板	2	Q235	钢板 δ=10
17	连接板	4	Q235	钢板 δ=8
16	侧平杆	4	Q235	角钢45×5
15	连接板	2	Q235	钢板 δ=8
14	侧斜杆	4	Q235	角钢45×5
13	正平杆	2	Q235	角钢45×5
12	侧平杆	2	Q235	角钢45×5
11	侧斜杆	4	Q235	角钢45×5
10	底脚连接板	8	Q235	钢板 δ=8
9	斜杆	4	Q235	角钢45×5
8	底脚板	4	Q235	钢板 δ=10
7	底脚肋板	8	Q235	钢板 δ=8
6	衬板	8	Q235	钢板 δ=8
5	连接板	8	Q235	钢板 δ=8
4	斜杆	4	Q235	角钢45×5
3	连接板	4	Q235	钢板 δ=8
2	托板	2	Q235	钢板 δ=10
1	立柱	4	Q235	钢管 φ=60
序号	名称	数量	材料	备注
煤气管道支架		比例	1∶10	
制图		质量		共1张第1张
描图				
审核				

管道支架

序号 5——连接板尺寸为 160mm×60mm×8mm，共有八块，前后左右的四个平面内各有两块。

序号 6——衬板八块，尺寸为 90mm×90mm×8mm，前后左右的四个平面内各有两块。因为交叉的两根角钢是背靠背分别焊接在连接板 5 的前后面上，两根角钢的后背之间存在 8mm 的间隙，衬板填补了间隙，保证了构件强度。

序号 7——底脚肋板是直角梯形。上底为 30mm，下底为 60mm，高为 80mm。它与底脚板 8 和立柱 1 连接，用来保证构件强度。每根立柱上有两块（另两块是底脚连接板），共有八块。

序号 8——底脚板，每根立柱下各有一块，共有四块。

序号 9——斜杆四根，前后两个正平面各两根。材料是∟ 45mm×45mm×5mm 的等边角钢，两根角钢的位置是背靠背交叉分别焊接在衬板 6 的前后面上。

序号 10——底脚连接板，它与斜杆 9、底脚板 8、立柱 1 连接。四根管子中心组成的两个正平面和两个侧平面中各有两块，共有八块。

序号 11——侧斜杆，左右的两个侧平面中各两根，共四根。连接方式仍然是背靠背，中部与衬板焊接，两端分别与连接板前后面焊接。

序号 12——侧平杆，左右的两个侧平面中各一根（角钢的背朝上），共两根。

序号 13——正平杆，左右的两个正平面中各一根（角钢的背朝上），共两根。

序号 14——侧斜杆四根，左右的两个侧平面中各两根，共四根。

序号 15——连接板四块，尺寸为 110mm×60mm×8mm，左右的两个侧平面中各两块，共四块。

序号 16、17——侧平杆，左右各两根，共有四根。角钢的重心线同高，虽然还是背靠背，但两者中间没有衬板，角钢的两端分别与同一块连接板有前后面焊接，起加固作用，来保证构件强度。

序号 18——支撑板，前后的两个正平面内各一块，共两块。形状是矩形的上部去掉 *R*188mm 的圆弧（180+8mm），矩形的长度是

440mm（500－30－30mm），高度是168mm（1078－10－450－440－10mm），利用尺寸440mm、250mm、8mm就可以画出*R*188mm圆弧，完成支撑板放样。

序号19——侧平杆，左右各两根，共有四根。

序号20——水平斜杆的位置在四根管子前后的一根对角线上。只有一根，另一根对角线上的角钢是序号23，从剖视图*A—A*可知它是由两段角钢组成。原因是这三根角钢是在同一平面内与序号22的衬板连接，它们之间没有间隙，所以对角线上必须有一根角钢是两段。

序号21——加强板在每块支撑板上有两块，共四块，尺寸是62mm×35mm×10mm，（250－180－8mm＝62mm），（80－10mm）/2＝35mm。

序号22——衬板连接水平斜杆20与水平斜杆23，尺寸是140mm×110mm×8mm。

序号23——水平斜杆由两段角钢组成。

序号24——连接板四块，板的位置是在水平面内且与管的中心线垂直，尺寸是80mm×80mm×8mm。

序号25——水平斜杆，其位置在四根管子前后的两根对角线上。连接方式仍然是背靠背，中部与衬板焊接，两端分别与连接板的前后面焊接。

序号26——圆弧托板有两块，分别与前后支撑板连接。圆弧托板的展开形状是矩形，矩形的长度是支撑板18的*R*188mm的圆弧长度，矩形的宽度为80mm（从*E—E*剖视图看出）。

4）线形放样。按1∶1的比例在平台（或钢板）上进行放样，画出角钢的重心线（不是宽度的中心线），放样基准是底脚板下表面和ϕ60mm管子的中心线。画出不能变动的四个底脚板、四根ϕ60mm管子、两块支撑板（圆弧托板）的弧线位置，如图3-16、图3-17所示。

5）结构放样。在线形放样图的基础上画出角钢和连接板，确定中间连接角钢及连接板的尺寸。要依据图样上的技术要求（各搭接焊缝的长度不得小于30mm），从而保证连接强度。

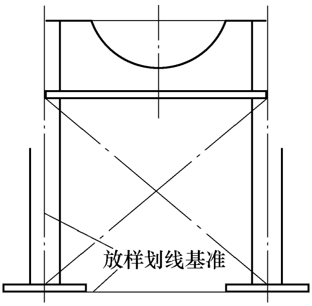


图 3-16　支架线形放样

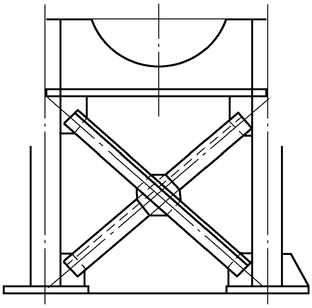


图 3-17　支架结构放样

6）用支架结构放样结果，再结合图样及对 1～26 序号的分析结果，制作号料样板，然后用号料样板到钢板上去号料。经过剪切、车削、钻孔加工出四块底脚板，用剪板机剪切出所有的连接板（检测尺寸、直角、修磨飞边），用砂轮切割机（无齿锯）切出所有连接角钢，用氧乙炔焰切割加工出支撑板和托板（板上的圆弧无法用剪板机剪切），气割后割口的氧化铁残渣要用扁铲和手砂轮清除修磨，如图 3-18～图 3-21 所示。为后序的装配作准备。

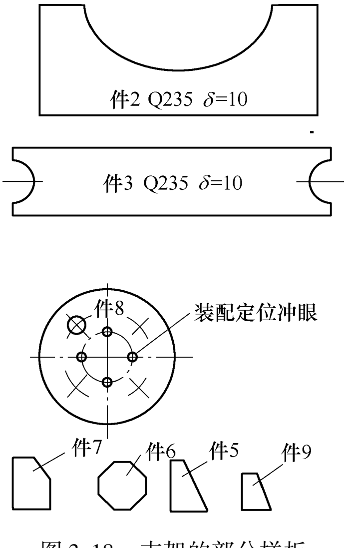


图 3-18　支架的部分样板

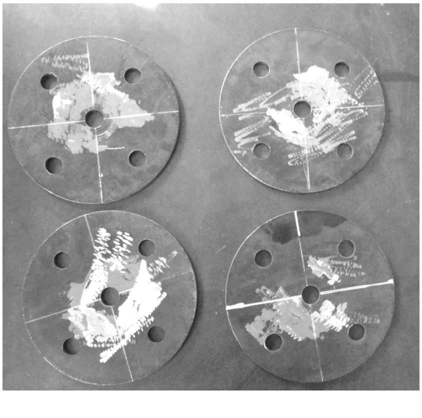


图 3-19　依据样板加工的底脚板

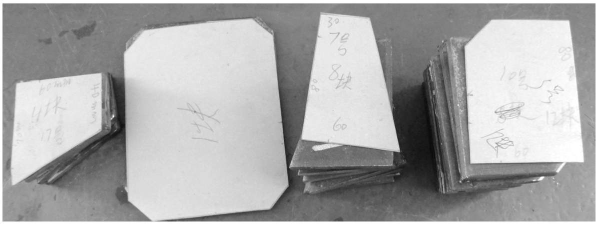


图 3-20 依据样板加工好的肋板及部分连接板

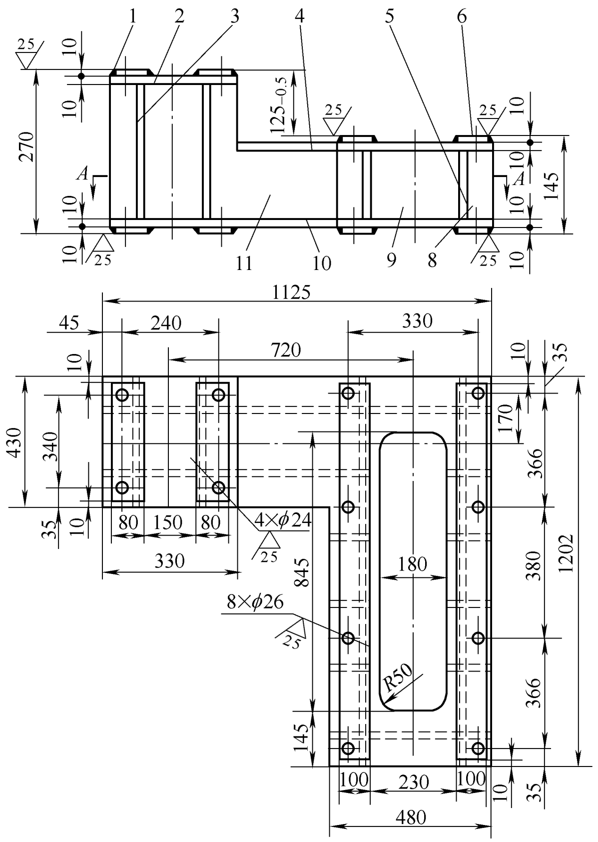
图 3-21 依据结构放样图加工好的连接角钢及部分连接板

项目 4 电动机底座的放样号料

阐述说明

机座类的制作是学生实训的典型项目。要先做出展开样板后再到钢板上进行号料。此类构件的尺寸较多，需要处理好板厚，准确的划分部件，仔细审核各部分的尺寸。

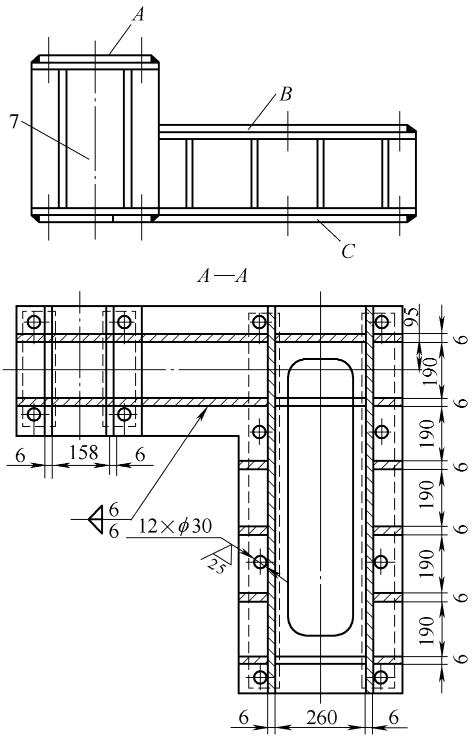
1）电动机底座的尺寸及技术要求，如图 3-22 所示。



技术要求

1. 未注焊缝符号的焊缝按已注出的焊缝符号标准执行。
2. 肋板与下盖板应先行组装并焊接好后，再组装上盖板。
3. 所有孔均为通孔，并在焊后加工。

图 3-22　电动



序号	名称	件数	材料	备注
11	肋板	2	Q235	δ=5
10	下盖板	1	Q235	δ=10
9	肋板	2	Q235	δ=6
8	肋板	10	Q235	δ=6
7	肋板	2	Q235	δ=6
6	加强板	4	Q235	δ=10
5	肋板	2	Q235	δ=6
4	上盖板 (2)	1	Q235	δ=10
3	肋板	4	Q235	δ=6
2	上盖板 (1)	1	Q235	δ=10
1	加强板	4	Q235	δ=10

制图					
描图					型钢组合小梁
审核					

机机座

2）结构特点分析：

A 底板的平面安装电动机。*B* 平面安装减速机。*C* 平面安装在基础上。

三面装配焊接后都要切削加工，来保证表面平整，还需给后序留有一定的加工余量。

A、*B* 平面的高度尺寸由切削加工来保证。

A、*B* 平面的高度尺寸由 3、7、11 板的垂直高度尺寸来保证。

B、*C* 平面的高度尺寸由 5、8、9 板的垂直高度尺寸来保证。

同一高度的各垂直板的尺寸在下料、切割时要一致，底座的焊接变形要控制在最小允许的范围内，分段装配焊接。

3）看懂图样及技术要求后，结合标题栏明确零件的数量。确定各部分的尺寸后，见表 3-6，制作号料样板，并依据样板号料，经过剪切、氧乙炔焰切割加工出各零件，如图 3-23 ~ 图 3-27 所示。认真核对各板的数量及尺寸，对板料进行矫正和修磨后准备后序的装配。

表 3-6　机座零件的各部尺寸

<table>
<tr><th>工件号</th><th>零件名称</th><th>零件尺寸/mm</th><th>数量</th><th>加工工艺</th></tr>
<tr><td>1</td><td>垫板</td><td>16 × 80 × 410</td><td>4</td><td rowspan="3">划线、剪切、矫平、修磨</td></tr>
<tr><td>2</td><td>面板</td><td>10 × 330 × 430</td><td>1</td></tr>
<tr><td>3</td><td>肋板</td><td>6 × 114 × 230</td><td>4</td></tr>
<tr><td>4</td><td>面板</td><td>10 × 795 × 1202</td><td>1</td><td>划线、切割、矫平、修磨</td></tr>
<tr><td>5</td><td>立板</td><td>6 × 105 × 1202</td><td>2</td><td rowspan="5">划线、剪切、矫平、修磨</td></tr>
<tr><td>6</td><td>垫板</td><td>16 × 100 × 1182</td><td>4</td></tr>
<tr><td>7</td><td>立板</td><td>6 × 190 × 230</td><td>2</td></tr>
<tr><td>8</td><td>肋板</td><td>6 × 104 × 105</td><td>10</td></tr>
<tr><td>9</td><td>立板</td><td>6 × 105 × 260</td><td>2</td></tr>
<tr><td>10</td><td>底板</td><td>10 × 1125 × 1202</td><td>1</td><td rowspan="2">划线、切割、矫平、修磨</td></tr>
<tr><td>11</td><td>立板</td><td>6 × 230 × 749</td><td>2</td></tr>
</table>

① 首先在厚纸板上按 1∶1 尺寸画出面板 4 的图样，检测后用剪刀剪下得到号料样板。用号料样板到钢板上号料，经剪切（外部四条直边）、气割（钢板上 └形直角、长圆孔）后，修磨飞边和氧化

铁，得到面板 4 实形，如图 3-23 所示。

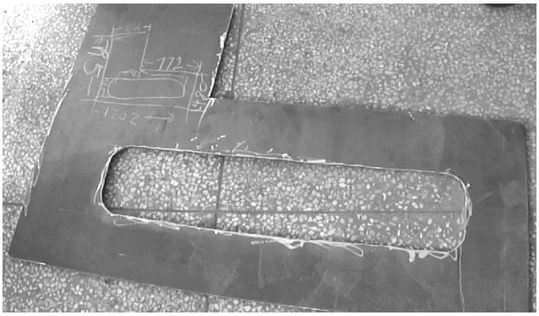


图 3-23　序号 4 面板的实形

② 制作过程与面板 4 相同，修磨飞边和割口的氧化铁，完成面板 10 的放样、号料、切割。检测后进行二次号料，在板上画出肋板的位置，打上样冲眼，为后序的装配作准备，如图 3-24 所示。

图 3-24　序号 10 面板的实形

③ 按图样上的数量和尺寸在钢板上画出 1、2、3、4 各板，用剪板机切下所号的材料，准备后序的装配，如图 3-25 所示。

④ 按图样上的数量和尺寸在钢板上画出 5、6、7、8、9、11 各板，用剪板机和氧乙炔焰切下所号的材料，准备后序的装配，如图 3-26所示。

图 3-25　序号 1、2、3、4 各板的实形

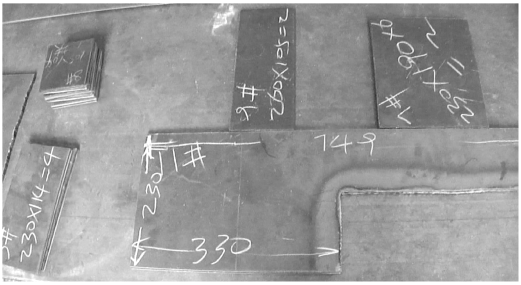


图 3-26　序号 5、6、7、8、9、11 各板的实形

⑤ 各板复核尺寸及数量后摆放在平台上，准备进行后序的装配，如图 3-27 所示。

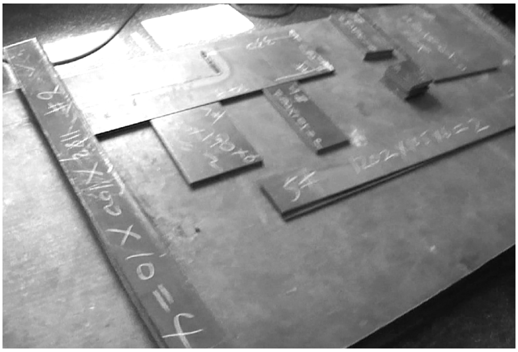


图 3-27　各板摆放在平台上准备装配

模块4 钢材的切割及预加工

阐述说明

钢材经放样和号料以后还不能作为坯料，必须将零件从原材料上按其轮廓进行切割。钢材的切割方法有剪切、气割、砂轮切割、锯削、刨切等。钢材的预加工包括开坡口、钻孔、零件修整等工作。

项目1 机 械 剪 切

1. 剪切定义

用剪切设备或工具将零件或毛坯从原材料上分离下来的工序，称为剪切。

2. 剪切工艺

（1）过程分析

剪刃对材料施力，使材料变形出现微裂纹，裂纹重合，产生断裂而分离，如图4-1所示。

（2）剪断面特征

剪切断面上分为明显的四部分，塌角、光亮带、剪裂带、飞边，如图4-2所示。

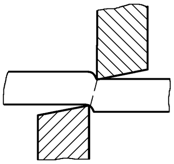


图4-1 剪切过程

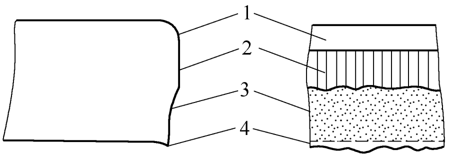


图4-2 剪断面的特征

1—塌角 2—光亮带 3—剪裂带 4—飞边

1）塌角。剪刃是压入而非切入材料，所以造成塌角缺陷。

2）光亮带。剪切后材料的断面上的光亮带所占的比例越大，则剪切的质量越好。

3）剪裂带。上下剪刃的间隙过大，剪裂分离时产生剪裂带。

4）飞边。是材料变形达到极限出现微裂纹时产生的。

（3）剪刃间隙的调整

要根据剪切钢板的厚度来调整上下剪刃的间隙。剪刃间隙适当，剪切后断面的质量好。在剪板机的侧面有剪刃间隙对应表，在表的下方有调整手柄和锁紧装置，依据横坐标（板厚），得到与斜线的交点，再找出该点的纵坐标，则纵坐标就是需要调整的间隙值。松开锁紧装置，拧动手柄调到该值后锁紧。如图 4-3 所示。

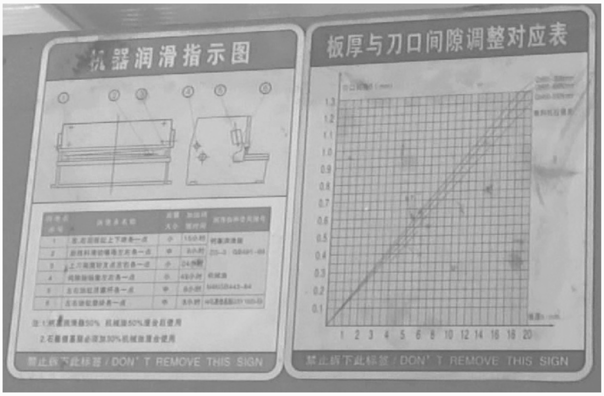


图 4-3　剪刃间隙调整表

（4）剪板机的前部装置

1）剪板机前面的操作台上有两个凸台，凸台的台面上有几个露出一半的球体，这样剪切较大的钢板时移动省力。压铁是为了将钢板压紧在下剪刃上，防止板料在剪切时翻转和移动，以保证质量和安全。栅板是安全装置，可防止手或其他物品进入刃口而发生事故。栅板左部上方的几个操作按钮，用来控制剪板机电源的开关、剪刃间隙调整、后挡板的定位。在剪切大批量、同规格的板料时用后挡板质量较好，如图 4-4 所示。

2）剪板由两人协作完成，其中一人将钢板上所画的线与剪板机的下剪刃对齐，检查栅板内无其他物品后，给另外一人发出指令，让其踩下脚踏开关，上剪刃带着压铁落下。在压铁压紧钢板后，上剪刃才开始接触钢板，剪刃与钢板逐步接触（上剪刃是倾斜的），在此过程中，压铁上套着的弹簧被压缩，使钢板被进一步的压紧，防止板料移动，如图 4-5 所示。

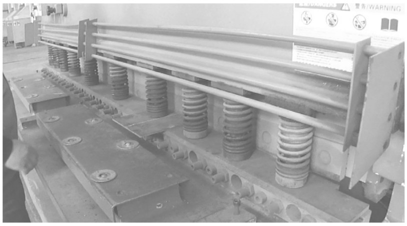


图 4-4 剪板机的前部装置

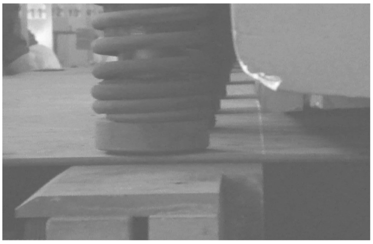


图 4-5 压铁压住钢板进行剪切

（5）剪切过程

1）指挥吊车到堆放材料的待加工区，用一个吊钩挂在板料一端，稍稍吊起，使它与下面的板料具有一定的缝隙，向缝隙内扔入一个木方（或铁块），根据杠杆原理，木方就成为一个支点，这样挂吊钩一端的钢板下沉时，未挂吊钩一端的钢板就会抬起，将另一吊钩挂上。检查两挂钩是否挂在钢板的中间，调整好位置后（以免在吊运的过程中钢板脱落，出现事故）缓慢起吊，观察两挂钩是否牢固的钩住钢板，（可通过两根钢丝绳是否都处于拉紧的受力状态来判断），然后指挥吊车把板料匀速地向剪板机的操作台运输。如图 4-6 所示。

【要点】 吊钩挂的位置要准确，使板料受力平衡。指挥吊车要手势准确，眼观六路，耳听八方。

2）将地面及台面的障碍物清理干净，指挥吊车将钢板吊放到放料架（放料架放置在剪板机操作台面前方合适的位置），如图 4-7 所示。

【要点】 清除放料架上的杂物，使钢板平稳地落在放料架上，摘下吊钩，让吊车开走。

图 4-6 指挥吊车将钢板从待加工区吊起

图 4-7 指挥吊车将钢板放在操作台上

3）检查剪切线（样冲眼）是否清晰无误，然后将板料置于剪床的床面上，推入刃口。目测剪切线的两端对正下剪刃刃口，检查栅板内有无障碍物（特别要注意同伴的安全），如一切正常，操作者双手撤离剪刃口到压料板外（栅板外），踩下脚踏开关，完成板料的剪切，如图 4-8 所示。

【要点】 依据剪切材料的材质、厚度调整剪刃的间隙。剪床的左侧面附有剪刃间隙调整数据表，应依据表来调整剪刃间隙。开动空车

图 4-8 调整好剪刃间隙并目测剪切线的两端对正下剪刀刃口

运转，确认设备的工作状态良好，方可上料。上料前，应将板料的表面清理干净。

4）若大批量剪切同一规格的钢板，可用剪板机的后挡板对正定位，用直角尺测量出后挡板到下剪刃的距离并试切一块，若符合要求，即可进行这批钢板的剪切，如图 4-9 所示。

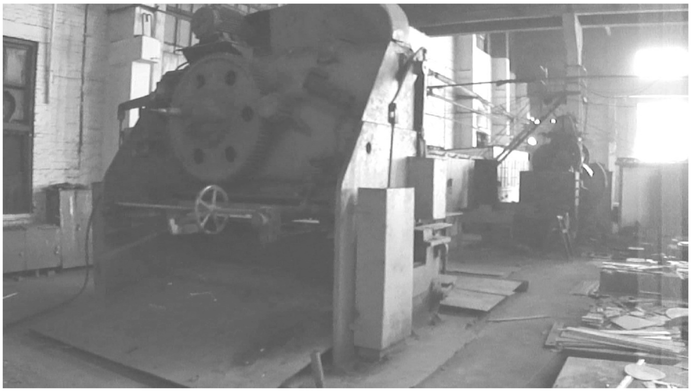


图 4-9 剪板机后挡板的调整手轮

【要点】锁紧手轮，把后挡板固定好（有的需要手动调整手轮，有的用剪板机正面上部的控制开关来调整）。调整好以后，将需要剪切的钢板与后挡板完全接触即可剪切，不用将各块钢板一一地划线，

此方法在生产中常用（批量剪切同样规格与尺寸的钢板）。

5）斜口的上剪刃（与下剪刃成一定的倾斜角度），与钢板逐步接触，将钢板切断。操作者松开脚踏开关后，液压装置和复位弹簧将上剪刃提起，如图4-10所示。

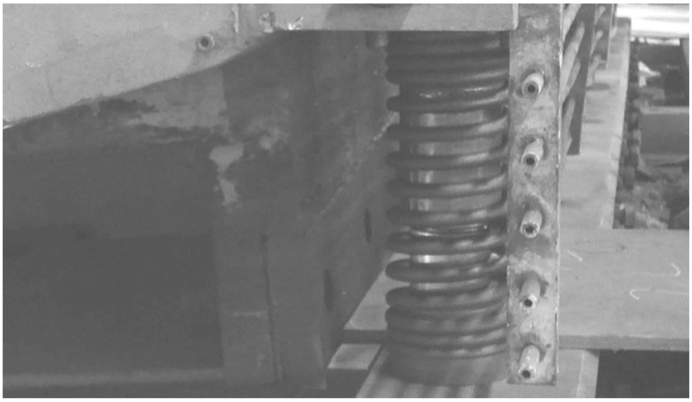


图4-10 剪断板料的瞬间

【要点】 剪刃的间隙要调整适当，使上下剪刃产生的剪裂纹重合，剪断板料。剪断面上较大的飞边要用砂轮修磨后，才能进行后序的刨边或铣边加工。

项目2 气 割

1. 气割的定义

用氧乙炔焰产生的热量对金属进行切割的工艺称为气割。

2. 气割的优点

气割具有简单、灵活、切割厚度范围大等优点，适用于纯铁、低碳钢、低合金钢、中碳钢的切割。

3. 气割的缺点

气割后的工件容易变形，切口在冷却后硬化，不能切割铸铁及有色金属。

4. 气割的原理

用氧乙炔焰将工件的待切割处加热到燃烧点，喷出高速切割的氧气流。金属在氧气中剧烈的燃烧，液态氧化物被切割氧气流的压力吹走，形成切口。

5. 气割的设备工具

1）氧气瓶容积为40L，压力为15MPa，可装氧气6m³，瓶身上套有橡皮圈，防止运输过程中瓶子被碰撞。使用时要直立，瓶与火源的距离＞5m，氧气瓶上部的瓶阀控制瓶口输出氧气的流量。当瓶内的氧气压力到0.1～0.3 MPa，就要停止使用，关闭瓶阀，将该瓶送去充气，不能等用完再充气以防止可燃气倒流。另换瓶继续工作。如图4-11所示。

2）换瓶的第一步是扶住氧气瓶，用扳手瞬间打开氧气瓶上部的瓶阀吹净阀口，以免阀口杂屑进入减压器。此时，人要避开阀口，以免氧气流伤人。关闭阀口，把氧气减压器的紧固螺母与氧气瓶阀口对正，用扳手拧紧螺母，如图4-12、图4-13所示。再打开瓶阀调整流量，如图4-14所示。

图4-11　氧气瓶

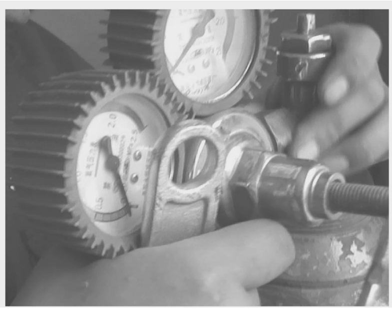


图4-12　将高压表下面接口与瓶口相连接

3）氧气减压表如图4-15所示，依据气割钢材的厚度来调整减压器上两块表的压力（低压表选0.4～1.2 MPa），减压器的高压表指示

瓶内的氧气压力（图中表的数值大约是8MPa），低压表指示输出氧气的压力（图中大约0.9MPa），调压螺杆可以调整输出氧气的压力。安全阀（相当于保险丝）起保护减压器的作用（图中五角星的左下角），如图4-16所示。

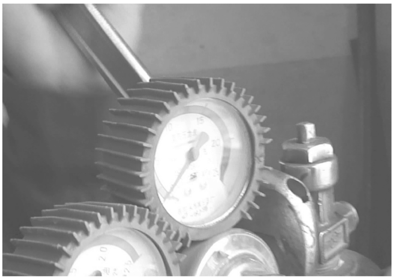


图4-13　用扳手拧紧

图4-14　打开瓶阀调整流量

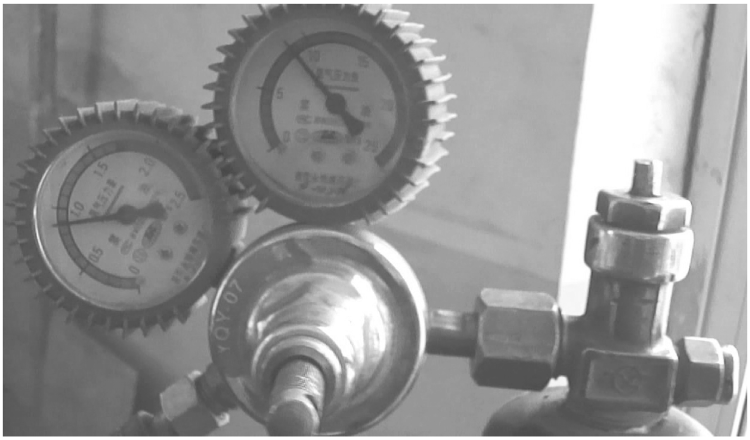


图4-15　氧气减压表

4）乙炔瓶要立放，瓶体表面为白色，并用红漆写有“乙炔”，如图4-17所示。

5）乙炔减压器的夹环套在乙炔瓶阀上，通过安装孔使减压器的进气孔与瓶阀的出气孔连接，调整夹环上的紧固螺栓，使之紧密连

图 4-16 氧气压力表的减压阀及安全阀

图 4-17 乙炔瓶及乙炔减压器

接，旋松减压器上的调压螺杆后，用扳手缓慢拧开瓶阀，通过乙炔减压器的高压表观察瓶内乙炔气的压力。输出的乙炔气经回火保险器流出供使用，工作时低压表的压力值 < 0.15MPa（图 4-20 低压表的数值 0.055MPa）。当高压表的读数为零，低压表的读数为 0.02 ~ 0.03MPa（乙炔气将要用尽或乙炔气不足）时要立刻关闭阀门。减压器上的回火保险器能阻断可燃气进入乙炔瓶，如图 4-18 ~ 图 4-20 所示。割炬的外观形状如图 4-21 所示。割炬的外部结构如图 4-22 所示。

6）割炬的工作原理。氧气和乙炔气按比例混合，点火后形成预热火焰，并在预热火焰的中心喷射切割氧气进行切割。割炬的使用过

图 4-18　乙炔减压器的安装

图 4-19　用扳手缓慢拧开乙炔瓶阀

图 4-20　乙炔减压器

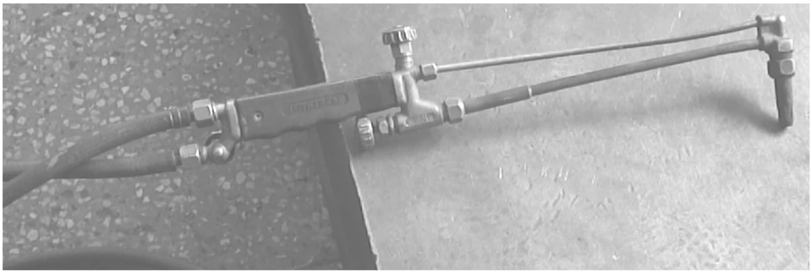


图 4-21　射吸式割炬

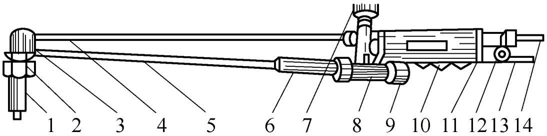


图 4-22 射吸式割炬外部结构图解

1—割嘴 2—割嘴螺母 3—割嘴接头 4—气割氧气管
5—混合气管 6—射吸管 7—切割氧开关 8—中部整体
9—预热氧开关 10—手柄 11—后部接体 12—乙炔气开关
13—乙炔气管接头 14—氧气管接头

程如下：打开氧气调节阀→氧气进入喷射管并从很小的喷射孔喷出→使喷嘴的外围形成真空→造成负压而产生吸力→乙炔气被吸出并和氧气混合→进入射吸管→进入混合气管从割嘴喷出预热火焰。

6. 气割工艺

1）两个气瓶要立放，符合防火要求，工件下要有空隙落渣，能够防爆。待切割工件上的划线及样冲眼要清晰，如图 4-23、图 4-24 所示。

图 4-23 将钢板底部垫起划线打样冲眼

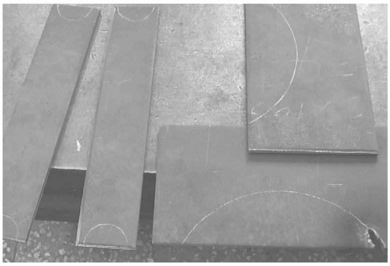


图 4-24 等待切割的钢板

2）旋转切割氧开关，检查切割氧流线，如果是笔直清晰、长度适当的圆柱体，可以使切口宽度相等；若切割氧流线不符合要求要关闭各阀门，熄火后用通针通割嘴，然后再试火调整，如图 4-25 所示。

3）选择氧气的压力：依据工件的厚度来选择，工件的厚度大则氧气的压力大，但氧气压力过大会造成过剩的氧气对切口的冷却，使切割的速度及质量下降，氧气压力过小会造成热量低、混合气燃烧

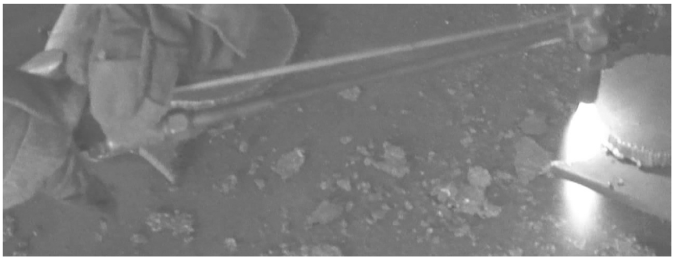


图 4-25　检查切割氧流线

差、钢板割不透、割缝的质量差。

4）选择切割速度：割炬移动的切割速度要与割缝的氧化速度相同，太快则工件下部切不透，太慢则切口易熔化。

5）具体操作：先预热板边使之呈红色，同时慢开切割氧阀门，切割氧流线应为笔直而清晰的圆柱体，并有适当的长度。待预热的红点在氧气流中被吹掉，迅速开大切割氧阀门，当割件背面有亮红色氧化铁渣随氧气流一起飞出时表明钢板被割透，然后匀速进行气割。

6）切割过程中，因割嘴头部过热或氧化铁渣的飞溅（图 4-26），使割嘴被堵住，或乙炔气供应不足时，割嘴头部会产生爆鸣并发生回火现象，这时要迅速关闭预热氧和切割氧阀门，阻止氧气倒流入乙炔管内。若此时割炬内仍发出“嘶嘶”的响声，应迅速关闭乙炔气阀门或拔下割炬上的乙炔胶管。处理完毕后，先检查割炬的射吸能力，才能重新点燃割炬。

图 4-26　处理气割过程中的回火

7）气割接近终点时，割嘴应稍倾斜，使钢板的下部提前被割透，做到上下受热均匀，收尾平直整齐，如图4-27所示 。

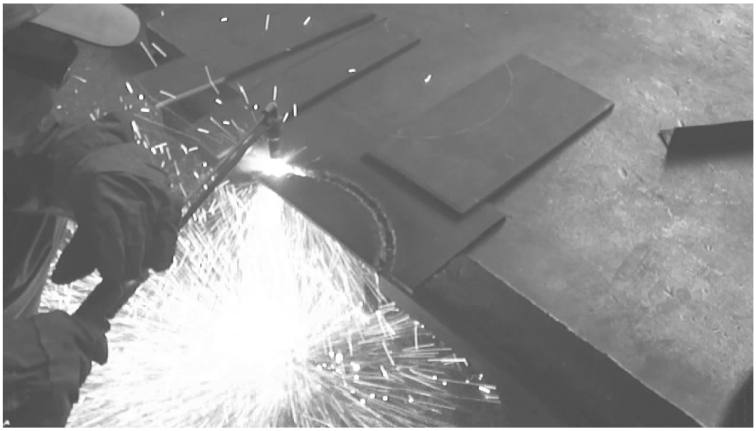


图4-27 切割半圆弧的收尾操作

7. 割件质量的检查

1）割件的尺寸是否符合图样要求。

2）切口是否平滑，割纹是否均匀。

3）边缘是否平直，有无熔化现象，氧化铁渣是否容易清除。

➢注意事项：

1）两个气瓶要立放（氧气瓶卧放时头要垫高，乙炔瓶必须立放），符合防火要求，工件下要有空隙落渣，氧气瓶距离火源要有5m的距离。

2）切割时割嘴不能离钢板太近，否则容易造成回火。

3）工作时，操作者的脸要远离钢板的表面，防止被吹出的熔渣烫伤。

4）工作结束后，关闭氧气瓶阀、乙炔瓶阀、割炬的切割氧、预热氧及乙炔气阀门，清点工具，清理现场。

8. 半自动气割

1）常见的半自动气割机是CG1—30型小车式切割机，小车带着割嘴在专用的轨道上可以自动地移动（轨道需要人为调整），若轨道是直线则用于切割直线，如图4-28～图4-30所示，若轨道是曲线则

用于切割曲线。割嘴可以完成倾斜或垂直面的气割（完成对钢材的切断及开坡口）。

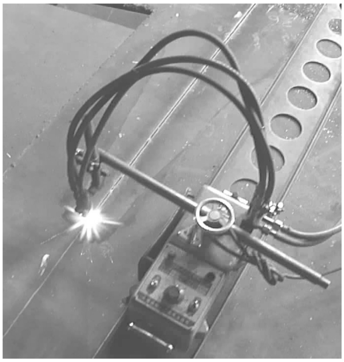


图 4-28　CG1—30 型小车式气割机切割直线

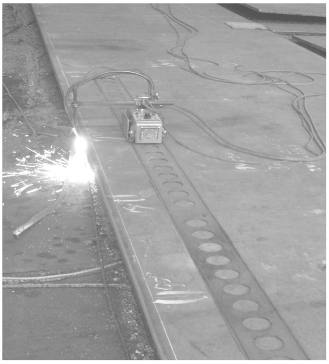


图 4-29　CG1—30 型小车式气割机割嘴倾斜开坡口

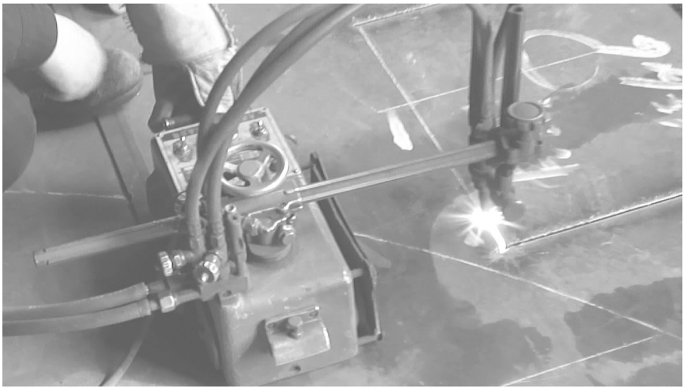


图 4-30　CG1—30 型小车式气割机切割直角

2）将一根长钢筋与小车式切割机的前端固定，钢筋的另一端固定在圆盘上端立柱的卡子上，卡子的一端与钢筋固定，另一端可围绕立柱旋转，这样切割机就能以立柱为轴进行旋转，调整钢筋的长度，割嘴就可以切割出不同直径的大法兰圈，如图 4-31 所示。

图 4-31 小车式气割机切割 5m 直径的法兰圈

3）仿形气割机可以将 100mm 以下的钢板切割成各种形状。首先要按照零件的形状设计样板（ <5mm 的钢板），样板的形状与被割的零件相同，但尺寸需计算，还要考虑割缝的误差及收缩量。图 4-32 所示仿形气割机是应用较广的 CG2—150 型，气割时，把制造好的样板放在仿形台上，与割嘴在同一轴线最上方的磁铁滚轮，会跟踪仿形台上的样板轮廓移动，割嘴则在钢板上切割出所需的轮廓形状，图 4-33 所示是用仿形气割加工的工件。

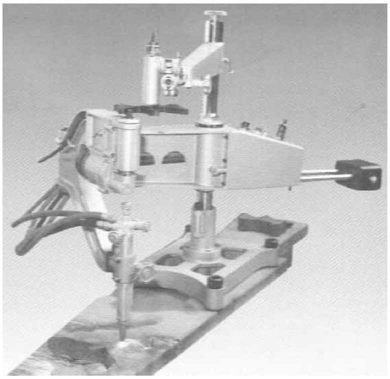


图 4-32 CG2—150 型仿形气割机

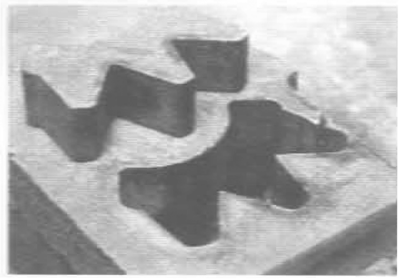


图 4-33 仿形气割的工件

9. 数控气割

1）数控气割机是自动化的高效火焰切割设备。气割时，需先将

编制好的程序输入计算机，计算机根据输入的切割程序计算出气割嘴的走向和应走的距离，向自动切割机构发出工作指令，控制自动切割机构进行点火、钢板预热、钢板穿孔、切割和空行程等动作，从而完成整张钢板上所有零件的切割工作。

2）图4-34所示是龙门式小蜜蜂数控切割机（它的轨距是5m，轨道的长度是16m，割炬两把，切割板料的厚度<200mm）正在切割法兰圈，图4-35所示是切割后的法兰圈，经检测尺寸公差小于1mm，这样就使后序的装配较为方便且焊接后的变形小。

3）数控切割钢材也有不足，如钢板的利用率要比手工切割低10%～15%，切割窄而长的零件时，受热胀冷缩的影响大，零件的切割尺寸不准确。

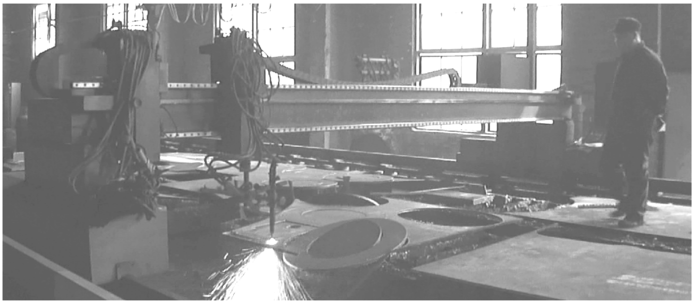


图4-34　龙门式数控气割机切割法兰

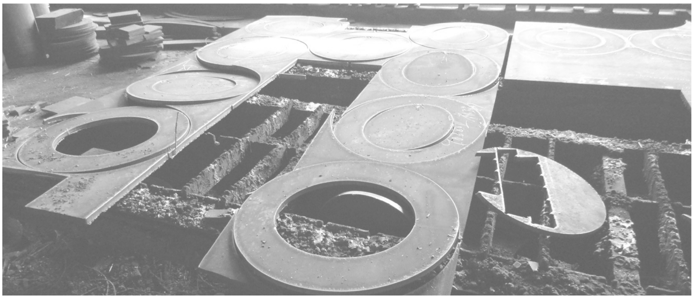


图4-35　切割后得到的零件（法兰圈）

【**要点**】剪切加工虽然生产率高，剪断面比较光洁，但它只能剪切直线。就目前的剪板机而言，钢板的厚度大于30mm时就不能剪切。那么厚钢板、复合钢板（碳钢板与不锈钢板组合）、曲线形的钢板就要采用氧乙炔焰切割、半自动气割、数控气割，等离子气割，其中半自动气割、数控气割的质量好，效率高，在机械制造、造船等行业已广泛应用。

项目3 开 坡 口

1. 坡口

厚钢板（>6mm）焊接时，为了保证构件焊接质量和连接强度，需用机加工的方法在接头处加工出与板面成一定角度的型面，这种型面称为坡口。

2. 开坡口的方法及特点

（1）气割加工

主要是采用半自动气割和自动气割来开坡口，但气割后要清除氧化铁熔渣。

（2）机械加工

刨边机和铣边机加工的坡口质量好，加工效率高，噪声小，得到广泛应用。

（3）碳弧气刨加工

1）利用碳弧的高温使金属局部加热到熔化的状态，再利用压缩空气的气流把熔化的金属吹掉，如图4-36、图4-37所示。

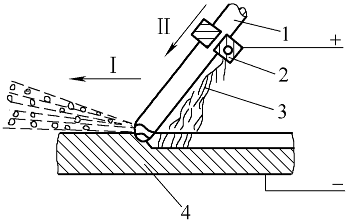


图4-36 碳弧气刨示意图

1—碳棒 2—刨钳 3—气流 4—工件

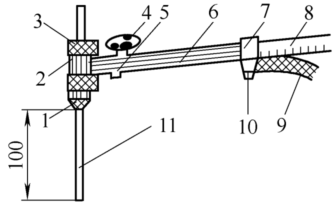


图4-37 碳弧气刨枪

1—嘴头 2—刨钳 3—螺母 4—阀门 5—导管 6—手把 7—导柄套 8—软管 9—导线 10—螺栓 11—碳棒

2）气刨的工具是碳弧气刨枪，气刨时必须顺风操作，防止人员烫伤。

3）气刨可以刨坡口、焊根、清铸件、切割不锈钢。

4）碳弧气刨可以用于仰、立位的刨削，并且没有震耳的噪声。

5）气刨过程中会产生有害烟雾，所以现场通风要好。

3. 坡口的检查

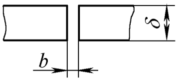
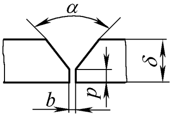
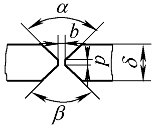
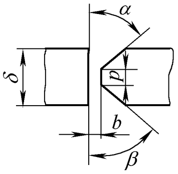
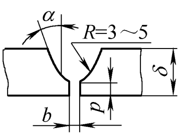
1）坡口是否平滑，有无飞边和氧化铁熔渣。

2）坡口的形状、角度、钝边尺寸、圆弧半径是否符合图样要求。

4. 坡口的形状与尺寸

一般焊条电弧焊常用的坡口形状及尺寸见表4-1。

表4-1 常用的坡口形状及尺寸

序号	名称	坡口形状	尺寸/mm			角度/(°)	
			δ	p	b	α	β
1	I型		3～4		1±0.5		
2	V型		6～20	2	2～3	60	
3	X型		20～30	2	4	60	60
4	K型		20～40	2	4	45	45
5	U型		20～60	2	4	10	

注：V、K形坡口加工方便，但焊后的变形较大；X形坡口工件焊后的变形及应力较小，目前应用广泛；U形坡口焊后的应力及变形比较小，但加工坡口困难，只用于重要结构。

5. 刨边机开坡口

1）刨边机外部的前面是上料架，料架上的滚轮是为了移动钢板省力，每个料架之间有一定的间隔，方便进行短料和窄条的刨边。刨边时，操作工在料架之间上料。料架后面的栅板是安全装置，用来防止手或其他物品进入刃口而发生事故。栅板后面是压铁（外套弹簧），由液压装置控制，防止刨削时板料发生移动，如图4-38所示。

2）刨边机外观如图4-39所示，刨边机与长条的座椅是一体的（座椅与刨边机同步移动），两人坐在椅子上操纵自己一侧的按钮和手轮（控制自己一侧的刨刀）。

图4-38 刨边机的外部上料架及栅板

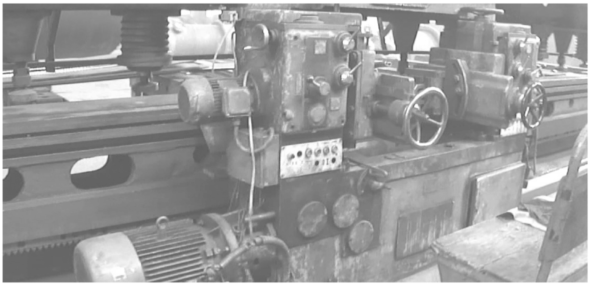


图4-39 刨边机外观

3）刨边机上的两把刨刀如图4-40所示，加工时两把刀分别加工上下坡口，每一个行程只能加工一个坡口（上坡口或下坡口）。刨刀的前面是刨床的台面，台面的上方是压铁。

图 4-40　刨边的刀架及刨刀

4）钢板长边开坡口如图 4-41 所示，在钢板长边的中部挂好吊钩，一人指挥吊车将钢板放置到刨边机前面的上料架上，另一人到操作间里面测量板边和刨刀的距离是否合适，如图 4-42 所示，调整好以后，撤去吊钩，起动按钮放下压铁。

图 4-41　钢板的长边开坡口（刨长边）

图 4-42　指挥吊车调整钢板的位置

5）钢板短边开坡口如图4-43所示，在钢板的长边中部挂好吊钩，将钢板的一端放置到刨边机前面的上料架上，另一端放在支承（铁马、铁架）上，为了防止钢板因为自重产生弯曲变形，可以将支承的位置前移（吊钩的位置基本居中，图中铁马的位置接近吊钩），后面其他的操作与刨长边相同。

图4-43 钢板的宽度方向开坡口（刨短边）

6）用刨边机刨边的情况，如图4-44所示。两人各尽其职，完成上下坡口的刨削（X型坡口应用较广）。为免损坏刀具，每次的刨削量不能过大，因此需要多次刨削才能完成坡口的加工。

图4-44 刨边机在工作

7）钢板的一边刨削出坡口以后，要检测坡口的角度和钝边的尺寸，如图4-45所示。

6. 铣边机开坡口

1）铣边机外部的料架后面没有栅板，其他部位和刨边机近似，

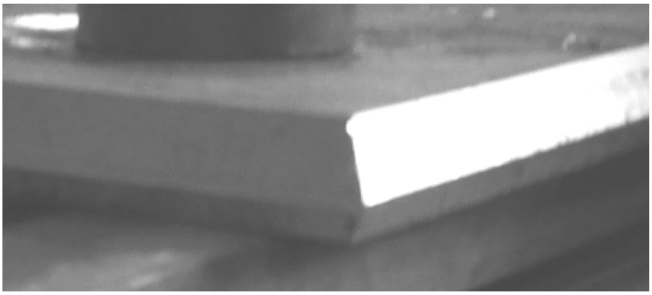


图 4-45　钢板的一边完成刨边

如图 4-46 所示。

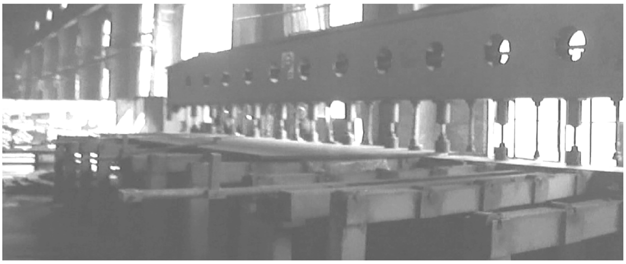


图 4-46　铣边机的外部

2）铣边机加工坡口时，每个行程中两把铣刀同时进行铣削加工（刨边机每个行程只有一把刨刀工作），一把铣刀加工上坡口，另一把铣刀加工下坡口，如图 4-47、图 4-48 所示。

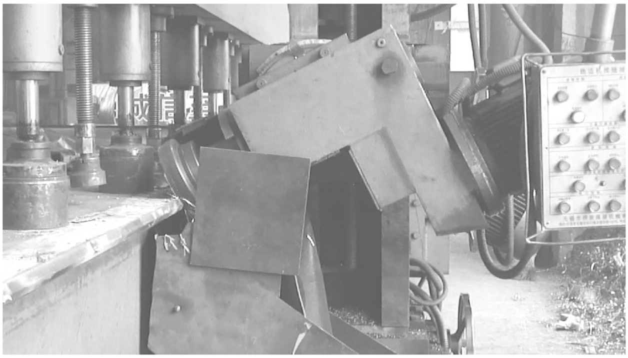


图 4-47　铣边机铣上坡口

图 4-48　铣边机铣下坡口

3）每次的铣削量不能过大。多次铣削后完成的坡口，如图 4-49 所示。

图 4-49　铣削加工后的坡口

项目 4　砂轮切割及工件钻孔

1. 磨削定义

用砂轮对工件表面进行加工的过程称为磨削。

2. 磨削完成的工作

1）角砂轮可修磨坡口、焊疤、焊缝、板料边缘的飞边，如图4-50、图 4-51 所示。

图 4-50　角砂轮

2）换成钢丝轮可以清除工件表面的铁锈和油漆。

3）换成布轮可以进行工件表

面的抛光，如图 4-52 所示。

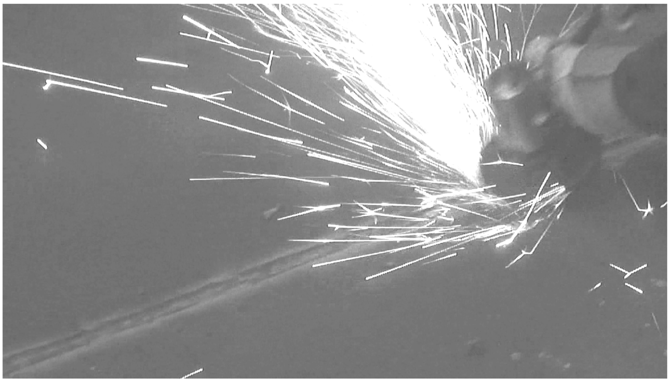


图 4-51　用角砂轮修磨焊缝

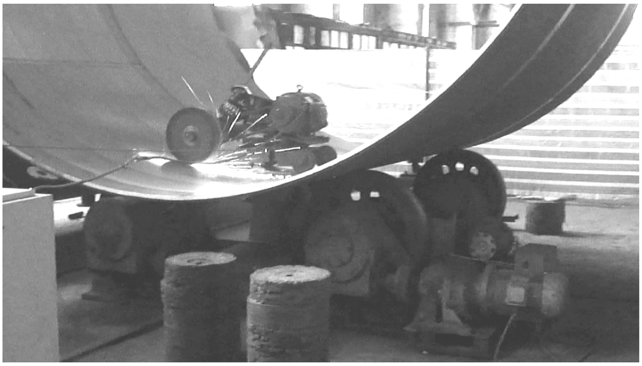


图 4-52　用半自动抛光机对圆筒的内表面抛光

① 筒体放在转罐机上，电动机驱动转罐机的主动轮旋转，从而带动筒体旋转。抛光机的位置基本不动，抛光的位置始终是筒体的最下部。这样筒体旋转一周以后，布轮就将它所在筒体位置内部的一周抛光完毕，移动布轮位置，就可以继续对相邻位置进行抛光，直至抛光完整个圆筒的内部。

② 布轮的更换率较高，地上所放的是备用布轮，一片布轮失效，需要立即更换，以免影响工件抛光的进度。

4）台式砂轮机可刃磨钻头、车刀、扁铲、小工件的飞边等。图

4-53所示是正在刃磨上剋子（由扁铲与一段钢管焊接而成）。刃磨时要带好眼镜，使上剋子的刃部高于砂轮的中心，避免刃口扎入挤碎砂轮，造成事故。刃口应沿砂轮轴心线方向来回平稳地移动，这样既能使刃口容易磨平，又能使砂轮磨损均匀。刃磨时加在上剋子上的压力不宜过大，以免刃口过热导致退火，必要时可经常将刃口沾水冷却。

图4-53 用台式砂轮机修磨上剋子

5）砂轮切割机（无齿锯）。

① 砂轮切割机的结构由切割动力头、中心调整结构、底座、可转夹钳组成，底部有四个滚轮支承，可以移动，如图4-54、图4-55所示。

图4-54 无齿锯切割半管

图4-55 无齿锯切割角钢

② 原理：砂轮片高速旋转，与工件摩擦产生热量，使工件局部

熔化而形成切口。

③ 用途：可切割各种型钢，尤其适于切割不锈钢、淬火钢等各种合金钢。

④ 砂轮片：直径为300～400mm，厚度一般为3mm，内有纤维网以防止破裂。

⑤ 切割时将型钢装在可转夹钳上，驱动电动机并通过带传动带动砂轮片高速旋转进行切割。用手柄控制进给速度，用力要平稳、均匀，不许用力过猛，以免过载造成砂轮破裂。

⑥ 砂轮中心和动力头根据切割的需要能调节和旋转。

⑦ 底座上的可转夹钳根据切割的需要可以调整角度（0～45°范围）。

3. 钻床钻孔

（1）钻孔定义

用钻头在材料上钻削出孔的过程称为钻孔（工件固定、钻头旋转）。

（2）钻头在钻孔时的主运动和进给运动

1）钻头绕自己轴线的旋转称为主运动，如图4-56所示。

2）钻头在轴线方向上的运动称为进给运动。

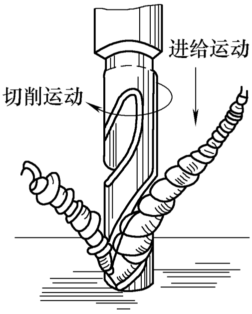


图4-56 钻孔

（3）麻花钻的组成及作用

标准麻花钻如图4-57所示，它由以下五部分组成：

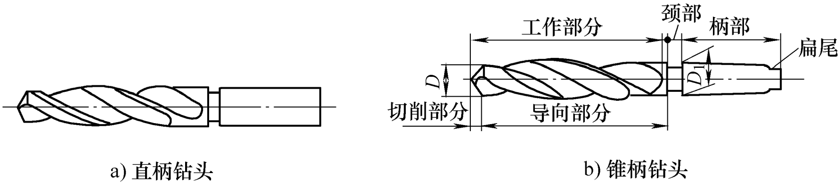


图4-57 标准麻花钻

1）切削部分：两条主切削刃和横刃，用于排屑和输送切削液。

2）导向部分：是后备切削刃，用于保持钻头的方向和修光。

3）颈部：制造钻头时作退刀用，上面刻有商标、材质、规格等。

4）柄部：柄部用于夹持钻头，用于传递扭矩和轴向力。

5）扁尾：扁尾用于增加传递扭矩，避免钻头打滑。

（4）钻头切削部分的作用

1）前刀面：前刀面是切削部分的螺旋槽表面，用于排除切屑。

2）主后刀面：主后刀面是切削部分顶端的两个曲面，它与工件的待加工表面相接触。

3）副后刀面：钻头表面有两条凸出的螺旋带，称之为副后刀面（或刀带）。

4）主切削刃：主切削刃就是前刀面与主后刀面的交线。

5）副切削刃：副切削刃就是前刀面与副后刀面的交线。

6）横刃：两个主后刀面的交线所形成的切削刃为横刃，如图4-58所示。

7）刀尖：主切削刃与副切削刃的交点（两个尖）。

（5）钻头切削部分的几何参数（图4-58）

1）顶角 2ϕ：钻头两主切削刃间的夹角。顶角大则钻削力大，标准顶角118°，顶角的选择见表4-2。

2）前角：前刀面与基面的夹角。前角大则钻头锋利，要根据钻的材料来定前角的大小。

3）后角 α：后刀面与切削平面间的夹角。后角大则后刀面与加工表面的摩擦小，但切削刃的强度也随之降低。

4）横刃斜角 ψ：横刃与主切削刃间的夹角。横刃斜角小则横刃长，阻力大且难定心。

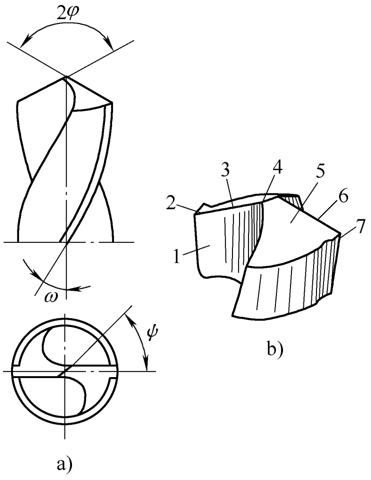


图4-58 切削部分的几何参数
1—前刀面 2、5—后刀面 4—横刃
3、6—主切削刃 7—副切削刃

表 4-2 各种材料加工时顶角的选择

加工材料	顶角(2φ)/(°)	加工材料	顶角(2φ)/(°)
普通钢和铸铁	116 ~ 118	纯铜	125 ~ 135
合金钢和铸钢件	120 ~ 125	硬铝合金和铝硅合金	90 ~ 100
不锈钢	110 ~ 120	胶木、电木、赛璐珞及其他脆性材料	80 ~ 90
黄铜和青铜	130 ~ 140		

（6）台式钻床简介

1）台钻的结构如图 4-59 所示。

2）台式钻床钻孔的最大直径为 12mm。

3）五级 V 带传动，主轴有五级转速。

4）工作台可以上下移动，且左右可以旋转 45°，手柄用来锁紧工作台，保险环防止横梁下滑。

5）小而薄的工件钻孔时用钳子夹持，厚件则用小型平口钳夹持。长形钢件钻孔时可以用手握，但在工件的旋转方向上要进行限位，防止工件移动而使钻头折断。

6）小型工件直接放在工作台上钻孔，大型的工件则把工作台转到旁边，工件直接放到底座上进行钻孔。

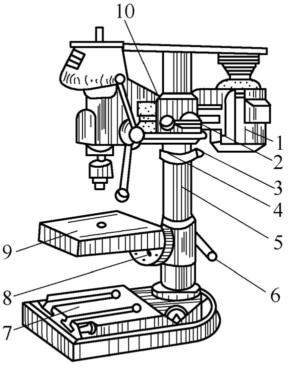


图 4-59 台式钻床
1—电动机 2、6—手柄
3、8—螺钉 4—保险环
5—立柱 7—底座
9—工作台 10—横梁

（7）钻孔的加工工艺

1）在台式钻床上加工法兰圈如图 4-60 所示。

2）调整好工作台的高度后用手柄锁上。按图样要求的位置在法兰的端面上画线，打上样冲眼。在工作台上面放置垫法兰的木方（孔钻穿时冲击力大，垫铁板会损坏钻头）。

3）先试钻一个浅坑，观察钻头是否对准孔的中心。

4）一手将法兰把持平稳，另一手匀速搬动手柄，孔快要钻穿时要减小进给量，防止钻头折断，如图 4-61 所示。

5）若钻不通孔时，要根据孔的深度调好挡块，钻孔过程中要实际检测。

图 4-60 在台式钻床上加工法兰圈

图 4-61 孔快要钻穿时要减小进给量

6）若钻深孔时，钻一定的深度时要退出排屑，防止排屑不畅折断钻头。

7）钻大孔（>30mm）时，先用 0.5～0.7mm 孔径的钻头钻孔，再进行扩孔，以减小钻削时的轴向力，这样钻孔的质量好，操作安全。

（8）切削液的作用

1）延长钻头的使用寿命，保证钻孔的质量。

2）散发钻头与工件摩擦所产生的切削热，防止钻头退火。

3）降低切削阻力和切屑的温度，防止刀刃产生积屑瘤。

钻各种材料时使用的切削液见表4-3。

表4-3 钻各种材料时使用的切削液

工件材料	切削液	工件材料	切削液
各类结构钢	3%～5%乳化液，7%硫化乳化液	铸铁	不用，或用5%～8%乳化液，煤油
不锈钢、耐热钢	3%肥皂加2%亚麻油水溶液，硫化切削油	铝合金	不用，或用5%～8%乳化液，煤油与菜油的混合油
纯铜、黄铜、青铜	不用，或用5%～8%乳化液	有机玻璃	5%～8%乳化液，煤油

（9）切削用量

1）切削速度 V：钻头直径上一点的线速度，单位为m/min。

$$V=\pi nD/1000$$

式中 D——钻头直径（mm）；

n——钻头转速（r/min）。

2）进给量 f：钻头每转一周，其轴向移动的距离为进给量，单位为mm/r。

3）钻削深度 a_p：在实心的材料上钻孔，深度为孔径一半（$a_p=D/2$）。

例：$D=12\text{mm}$，$n=640\text{r/min}$。求 $V=?$

$$V=\frac{\pi nD}{1000}=\frac{3.14\times640\times12}{1000}\text{m/min}=24.1\text{m/min}$$

（10）选择切削用量

1）材料的强度和硬度高，则 V 低、n 低、f 低、切削液要好、润滑要好。

2）材料的强度和硬度低，钻孔直径小，则 V 高、n 高、f 适当（容易折钻头）。

（11）摇臂钻的特点及加工方法

1）摇臂钻床用于加工大型的工件和多孔工件，工作时工件不用

动，只需要移动钻床主轴，如图4-62所示。

2）摇臂可移动，可旋转360°，主轴变速箱也可移动，因此加工范围大，方便。

3）小件用工作台加工，大件则拿走工作台，在底座上加工，特大件则放入钻床旁边的地坑里加工。

4）电动胀闸把摇臂锁在立柱上，电动锁在变速箱的摇臂上，刀具不振动。

5）转速和进给量的调整范围大，可以手动或自动进给，钻孔的最大直径可以达100mm。

例：用摇臂钻床对封头的端面法兰钻孔，如图4-63所示。

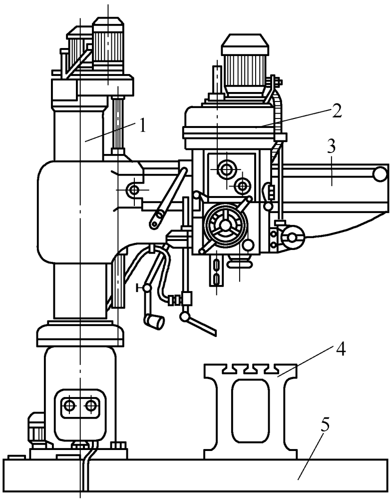


图4-62　摇臂钻床
1—立柱　2—主轴变速箱　3—摇臂
4—工作台　5—底座

图4-63　调整摇臂位置使钻头对准孔心

1）线图工在封头的法兰端面号出各孔的位置，打好样冲眼。

2）用吊车将封头放置在摇臂钻床的底座上，转动摇臂到法兰端面的上方，手动进给检查钻头的横刃是否落入样冲眼的锥坑内。

3）试钻后采用自动进给，当孔要钻穿时，要减小进给量或手动

进给，如图 4-64 所示。

图 4-64　孔将要钻穿时要减小进给量

□ **钻孔的安全注意事项：**

1）清理场地的杂物，夹紧工件。钻通孔时，要垫好木方。

2）戴好眼镜、帽子，不许戴手套、围巾和裸露发辫。

3）要用工具来排除长切屑，不许用手直接除屑。

4）孔将要钻透时，要减小进给量，以免发生事故。

5）只有在停车时，才能用手去松紧钻夹头。

6）松紧钻夹头必须用钥匙，不许敲打。

7）钻头从钻头套中退出时，要用斜铁敲出。

8）进行检修和清理工作时，必须停车（或断电）。

项目 5　手工剋切及成形

阐述说明

手工剋切及成形是对学生进行实训的典型项目之一。对冷作钣金加工专业的学生而言，制作小型的各种样式的过渡接头是一项综合的练习。工件的制作要经过识图、放样、号料、剪切、剋切、弯曲、槽圆、组对、定位焊、检测、修磨等工序才能完成。制作的材料选用

1.5～2mm 厚的钢板，钢板号料以后，直线部分用剪板机剪切，曲线部分或圆孔则只能用剋切方法来完成，最后将坯料放在胎具上手工成形，完成工件的制作。

1. 上剋子简介

1）上剋子是用碳素工具钢经锻造而成，并经过淬火＋回火处理，尺寸角度如图 4-65 所示。

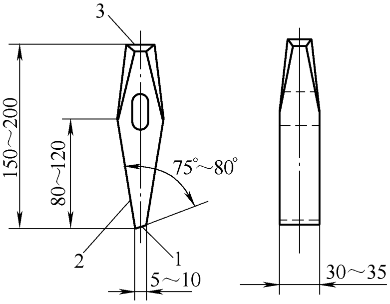
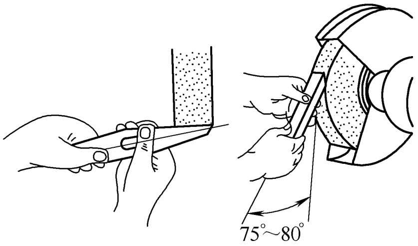


图 4-65　上剋子
1—前面　2—后面　3—顶部

2）上剋子使用前要进行修磨，在砂轮上刃磨上剋子的后面和前面，注意使上剋子平稳地上下、左右略作移动，而且上剋子对砂轮的压力不要过大。为避免上剋子刃部在磨削中过热而退火，要经常将上剋子浸入水中冷却，如图 4-66 所示。



a) 磨后面　　b) 磨前面
图 4-66　磨剋子后面及前面

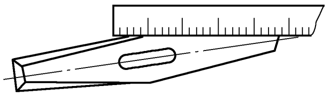


图 4-67　检查上剋子后面的直线度

3）上剋子刃磨后，要检查直线度和楔角。用钢直尺立放在上剋子后面上，并举至与眼睛平行的位置，对着光亮处观察，看钢直尺与上剋子是否贴合来判断上剋子后面的平直程度，目测刃口及前面是否平直，用样板检查上剋子的楔角，并检查有无粗糙磨削痕迹及退火现象，如图 4-67、图 4-68 所示。

4）上剋子在使用时需要用手把持，因此在其中部焊接一段钢管，如图 4-69 所示。

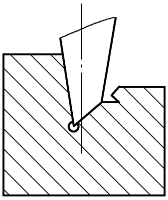


图 4-68 用样板检查上剋子的楔角

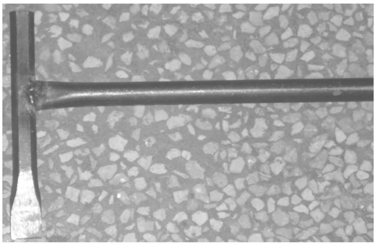


图 4-69 在上剋子的中部焊接钢管

2. 下剋子简介

1）下剋子是利用废剪刃片或钢轨制成，如图 4-70 所示。使用的过程中，若出现刃部缺口，可以在磨床上修磨。

2）废剪刃片在使用时要固定，可放置在由槽钢制作的底座上，如图 4-71 所示。

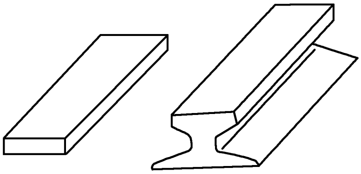


图 4-70 下剋子

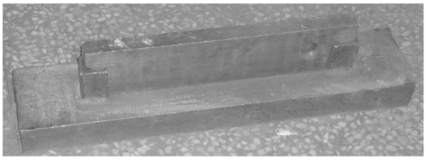


图 4-71 废剪刃片安放在槽钢制作的底座上

3. 剋切板料

1）剋切工件的尺寸及技术要求如图 4-72 所示。把图样按 1:1 的比例（或用样板）在板料上划线。

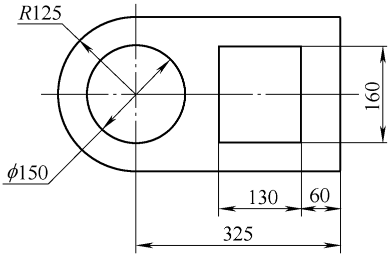


图 4-72 剋切工件图

2）合理安排步骤，应按先外后内、先直后弧、先短后长的剋切顺序。

3）将剋切件放置平稳，若剋切件尺寸较大或转动后不利于扶持时，可在上剋子旁边放置垫板撑，但要保证板料与下剋子上平面贴合。

4）操作者的站位及姿势如图 4-73 所示。掌剋者自然下蹲，左手将板料平放在下剋子上，右手持上剋子，使剋刃对准剋切线，打锤者站下剋刃一侧，两人位置互成 90°。

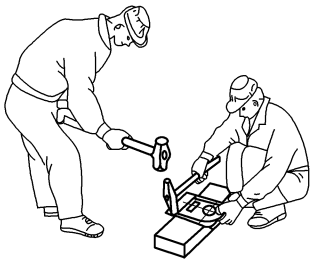


图 4-73 剋切站位及姿势

5）为了便于起剋时对线准确，先确定起剋点，再把起剋线划至板料边缘处，便于下剋子刃口对正，如图 4-74 所示。

6）分析剋切工件图，确定剋切顺序，如图 4-75 所示。

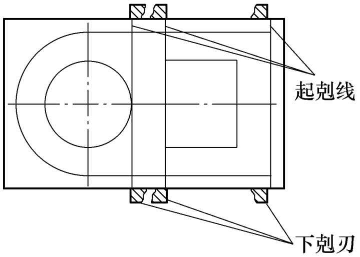


图 4-74 起剋线对正下剋子刃口

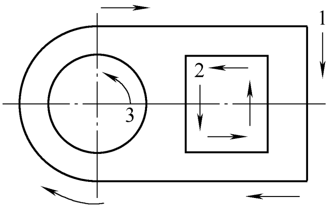


图 4-75 剋切顺序

7）板料平放在下剋子上，余料部分探出剋刃，以过线找正，使剋切线与下剋刃重合。上剋刃对准切料线，要探出板料 1/3 剋刃宽，并与下剋子刃相靠，同时，保持上剋子的前刃与被切钢板垂直，刃口与钢板成 10°～15°的倾角，如图4-76所示。

8）起剋时，锤击力要小些，以便当起剋不准时便于修正。剋出开口，确认开口线准确后，以上剋子下部分侧边靠在下剋子侧面，作为找正的依据，开始逐段剋切。

9）剋切的过程中，钢板的剋切线应始终与下剋刃对齐，保持上剋

子合适的倾角，并使上、下两剋刃靠紧，否则不能剋断板料，还会产生变形，如图4-77所示。剋切时，要随时纠正剋切偏向，不断变换锤击力。操作者应注意观察，密切配合，锤击者必须听从掌剋者的指挥。

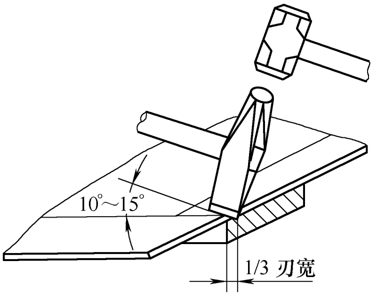


图4-76 上剋子的位置及倾角

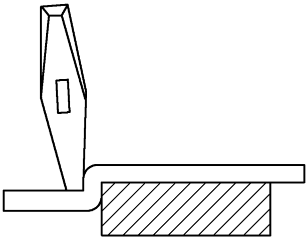


图4-77 剋切中板料的折弯变形

10）外曲线部分的剋切，如图4-78所示。剋切曲线部分时，先切断已剋下直线部分的余料，使之不妨碍曲线剋切时的找正。将工件圆形部分放在下剋子上，且不断转动工件。为了防止剋下的余料抵触下剋子，影响工件转动，要始终用下剋子的端部进行剋切。剋切曲线的实质是沿曲线的切线位置，剋切出直线段。每次的剋切量要尽量小些，并频繁地转动板料，锤击要短促，力量要适当。

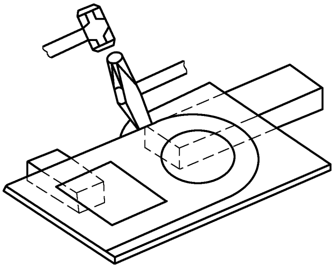
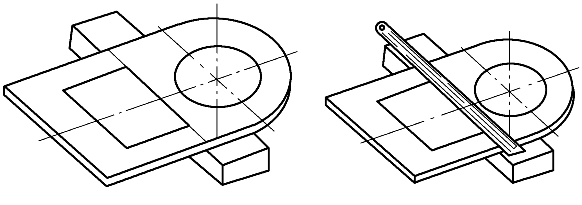


图4-78 外曲线部分的起剋

11）内方孔部分的剋切，如图4-79所示。起剋开口时，用上剋



a) 划线对正　　b) 直尺过线对正

图4-79 内方孔起剋对线

刃尖角与板料接触（倾角 10°～15°），轻轻锤击开口处，此时，工件起剋处并未切透，待剋切出 2～3 倍刃宽的长度时，再把上剋刃平放于起剋处沿根切透，如图 4-80 所示。开口后进行直线的剋切。

12）内圆孔部分的剋切，如图 4-81 所示。内圆孔的剋切先应选好起剋点。为了便于起剋，一般把起剋点选在便于扶持板料的位置，对起剋点作内圆的切线，使起剋点对正下剋刃，内圆孔的剋切方法与前述外曲线部分的剋切方法相同。

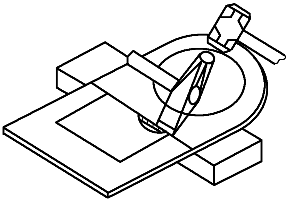


图 4-80 内方孔剋切

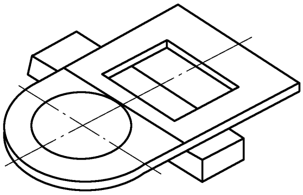


图 4-81 内圆孔剋切

4. 剋切板料及成形实例

1）图 4-82 所示是学生用一张 2000mm × 1000mm × 2mm 的钢板制作工件，首先作出号料样板，用样板在钢板上号料后，将钢板的底部垫起，研究剋切的顺序。

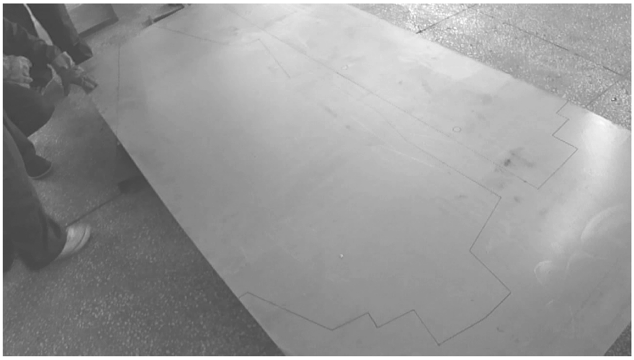


图 4-82 在整张的钢板上号料

2）将下剋子放入板料的下面，板料上面的剋切线与下剋子对正位

置，从工件的一端起剋开口，开口后进行直线的剋切，如图 4-83 所示。

图 4-83　摆好下剋子后进行剋切

3）图 4-84 所示是学生在剋切工件的内圆孔，要灵活的转动板料。

图 4-84　剋切工件的内圆孔

4）图 4-85 所示是学生拿着号料的钢板，准备剋切后制作过渡接头（剋切完成后还需要用压弧锤和弯管的胎具加工成形）。

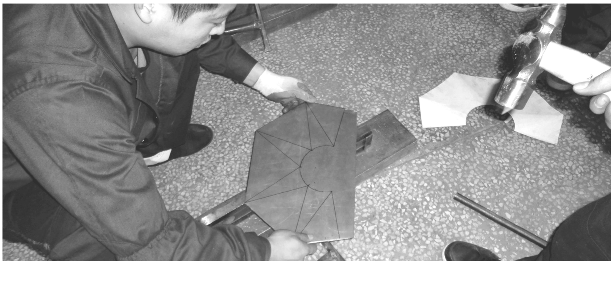


图 4-85　在钢板上号出过渡接头

5）图 4-86 所示是学生实训时所用的一种胎具，用来弯曲板料。制作圆柱面工件使用胎具上两平行的圆管，弯曲圆锥面用成角度的两管，胎具旁边是压弧锤及锤子。

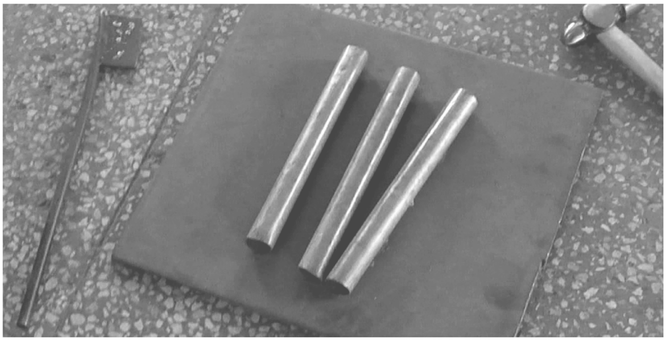


图 4-86　弯管用的胎具及压弧锤

6）制作过渡接头时，要先弯曲两边，再弯曲中间。操作者一手把持板料放在弯曲胎具上（戴手套，防止板料的飞边把手划伤），另一手持压弧锤，紧压在板料的弯曲线上，指挥打锤者进行锤击，如图 4-87 所示。

图 4-87　制作过渡接头

7）图 4-88 所示是制作完成的过渡接头及相贯件。

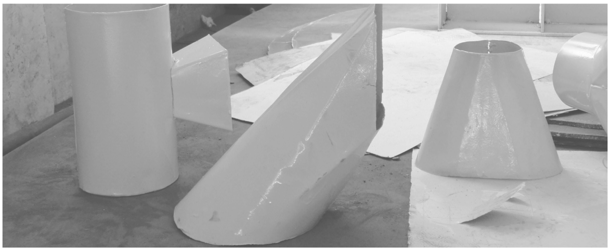


图 4-88 学生制作的过渡接头及相贯件

模块5　钢材的弯曲

项目1　滚 制 圆 筒

1. 弯曲加工的定义

将钢材弯成符合图样要求的有一定曲率、角度、形状的工件的工艺称为弯曲。

2. 钢材弯曲规律

钢材的外层被拉伸、变长，内层被压缩、变短，中间层既不伸长也不缩短，称为中性层。无论是冷加工，还是热加工，塑性材料都遵循这个规律。

3. 滚弯工艺

（1）滚弯设备　通常使用对称式三辊（上辊可调）卷板机，设备的能力（轴辊的直径及长度）决定该台卷板机能够滚弯钢板的厚度，小型的卷板机通常是用来滚弯10mm以下的钢板。

（2）过程分析　图5-1所示是不锈钢板，钢板的两端已经预弯（俗称打头）。钢材的弯曲成形首先是弹性变形，然后是塑性变形，当弯曲力超过材料的屈服强度时产生弯曲变形，超过变形能力的材料

图5-1　小型卷板机滚制圆筒

会断裂（不允许）。弯曲成形的工件，弯曲力撤去后，工件都存在弹复现象（恢复原态），会对工件的尺寸及形状有些影响。

（3）滚弯后序　钢板滚弯成圆筒以后，放下卷板机端部的支承机架（图5-1），将滚好的圆筒从轴辊中取出（厚板滚成的圆筒重量大，需用吊车），堆放于旁边的待焊接区。焊接后用手提式砂轮机修磨焊缝后再套到轴辊上矫圆，如图5-2所示。

图5-2　滚圆后等待焊接纵缝的不锈钢圆筒

（4）大圆筒的滚制　直径大的圆筒（超过4m），是由几块钢板拼接而成。在中型的卷板机上，分成几段进行滚制，每一段周长的展开长度和弯曲的曲率相同。在滚弯板料的过程中，一人用样板检查钢板的曲率后，告诉同伴此刻要怎样操作卷板机（轴辊正转、轴辊反转、轴辊的间隙调大或调小），如图5-3所示。

图5-3　大圆筒的分段滚制

（5）分段圆弧板的滚弯后序　滚制的圆弧板达到符合的曲率后，要进行和小型的卷板机一样的步骤，即放下端部的支承机架，用吊钩挂住弧形钢板两端的中部，指挥吊车将滚好的圆弧板从轴辊中取出，放置到旁边的待焊接区。如图 5-4 所示。

图 5-4　分段滚制

（6）热处理　若滚弯圆筒的板厚大，圆筒的直径 < 650mm，滚弯后进行纵缝焊接后，圆筒的内部存在较大的内应力。因此要将圆筒送到热处理车间进行去应力退火，然后趁热运回，套到圆筒上矫形，通过碾压，消除圆筒内的残余应力，如图 5-5 所示。

图 5-5　小圆筒去应力退火后矫圆

（7）大型圆筒的滚弯　滚弯筒体时，最费时费力的是矫形，也就是说，滚弯圆筒的形状容易，但最后矫圆和接头处的直边滚弯比较难。大批量的滚弯筒体时，采用先把所有的钢板初步滚弯成形，然后再二次矫圆。进行矫圆时，起动液压装置打开卷板机的前机

架，指挥吊车将筒体套入轴辊，如图 5-6 所示。撤去吊钩，盖上前机架。进行滚弯矫形，如图 5-7、图 5-8 所示。对于板边（筒体的纵缝）则需要垫钢板来矫形，如图 5-9 所示。矫正完毕的圆筒如图 5-10 所示。

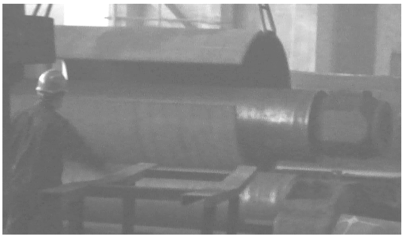


图 5-6　放下前机架放入圆筒

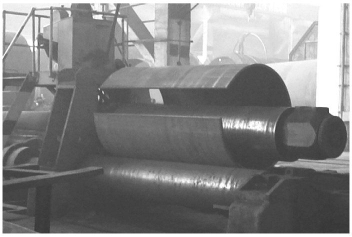


图 5-7　撤去吊钩盖上前机架

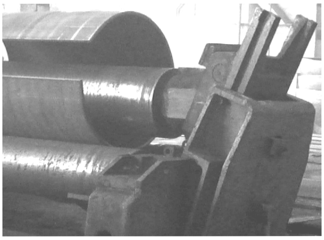


图 5-8　液压系统将前机架盖上

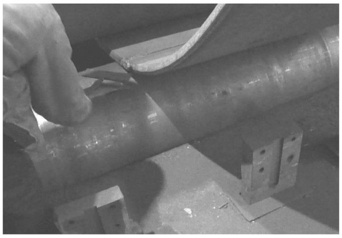


图 5-9　垫钢板矫正板料接头直边

图 5-10　矫正完毕的圆筒

（8）特大型筒体的滚弯

1）图5-11所示是特大直径的圆筒纵缝定位焊后进行矫形，起动液压装置打开前机架，将准备矫正的圆筒套入轴辊。

2）撤去吊钩，关闭前机架，依据经验初步调整好两侧轴辊及上辊的距离，如图5-12所示。

图5-11 将准备矫正的圆筒套入轴辊

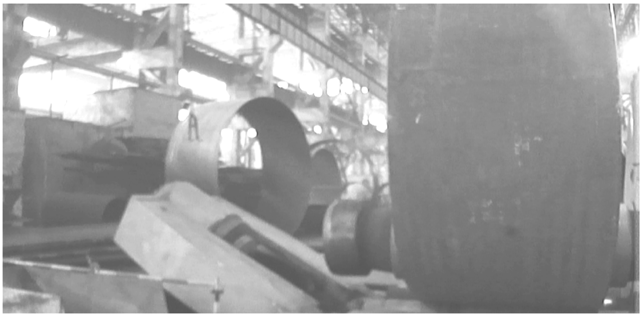


图5-12 起动液压装置盖上前机架

3）用对讲机向操作室的人员发出矫正指令，反复进行轴辊的正转与反转，重点碾压焊缝边缘的钢板，消除直边及焊接应力，如图5-13所示。

4）操作室的人员面前是计算机的显示器，屏上显示轴辊与圆筒的接触部位。听到对讲机里传来底部操作人员的指令，看着画面上的圆筒，按下按钮，进行矫圆，如图5-14所示。

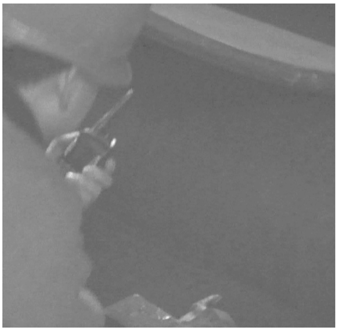


图5-13 向操作室内人员发出矫正指令

图 5-14　操作按钮进行圆筒矫圆

项目 2　圆钢与管子弯曲

阐述说明

石化及制药行业的许多设备中都有弯曲的管子，作为冷作钣金工应该了解一些弯曲的工步，管子和圆钢在弯曲时，其中心线的弯曲长度不变。

1. 圆钢的弯曲

（1）弯曲 ϕ10mm 的圆钢

1）弯曲一批 ϕ10mm 的圆钢，每个小零件上需要弯曲 4 个弯。分 4 个工步进行，将工件按第一道弯曲线弯曲，为一个工步，以下依此类推。画面中正在进行第 3 个工步，焊工用氧乙炔焰加热所画的弯曲线，冷作钣金工迅速拿到胎具上弯曲成形，如图 5-15、图 5-16 所示。

2）用锤子修正零件的扭曲后，再检测零件的各部尺寸，如图 5-17所示。然后将零件放入水中冷却，如图 5-18 所示。待所有的零件完成第 3 个工步后，再进行第 4 个工步，完成零件的弯曲加工。

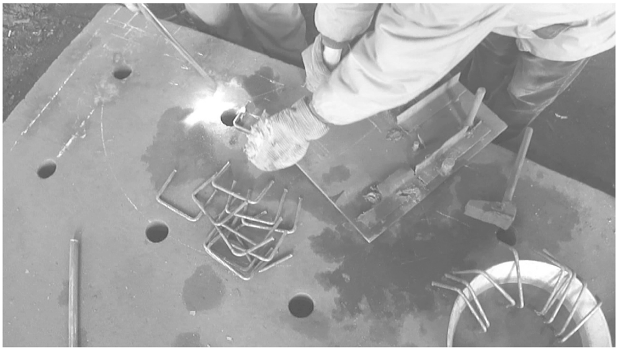


图 5-15 用氧乙炔焰加热弯曲处

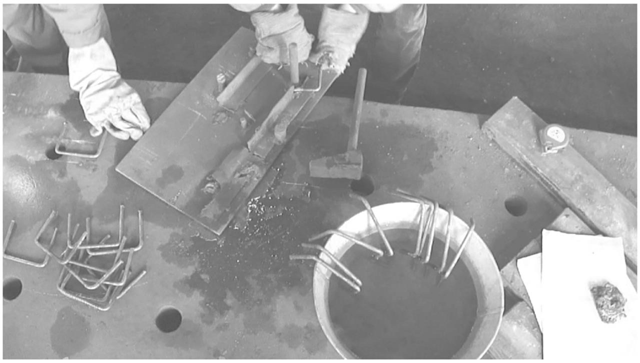


图 5-16 用胎具进行弯曲

图 5-17 用卷尺检测零件的尺寸

图 5-18 放到水中冷却

（2）弯管机弯曲 ϕ35mm 的圆钢

1）图 5-19 所示是用 ϕ35mm 的圆钢弯曲制作一批地角螺栓。先按图样的形状计算出弯曲件的尺寸，切割后的棒料一端车削出螺纹，将无螺纹的一端放入弯管机的胎具中。

图 5-19 棒料按所画的弯曲线放入胎具中

2）操作者右手端平棒料（棒料与胎具的圆周表面平行），左手起动按钮（反转、正转、停车）。胎具夹持圆钢向逆时针方向旋转，右手端握棒料顺时针旋转，如图 5-20 所示。

3）圆钢被弯曲成 U 形弯，当弯曲的端头与杆身接触时关闭按钮，使胎具停止旋转，完成弯曲的第一步工作，如图 5-21 所示。

4）将弯曲好 U 形弯的地角螺栓翻转 180°后套在胎具上，进行反

图 5-20 胎具夹持圆钢向逆时针方向旋转

图 5-21 将圆钢弯曲成 U 形弯

向弯曲修形。这是弯曲的第二步，目的使长圆孔的中心与杆身的轴心重合，如图 5-22 所示。

图 5-22 地角螺栓翻转 180°进行反向弯曲

5）进行反向弯曲修形的原则是“矫枉过正”，目测弯曲的曲率，要使弯曲的端头正好对正弯曲处，如图 5-23 所示。

图 5-23 反向修形要矫枉过正

6）将地角螺栓翻转 90°后套在胎具上，修正长圆孔的平面扭曲变形，这是弯曲的第三步。使长圆孔平面与杆身在同一平面内，要频繁的变动长圆孔的位置，直到长圆孔的平面度符合要求，如图 5-24 所示。

图 5-24 修正长圆孔平面与杆身的平面度

7）修形完毕后，用卷尺检测地角螺栓的尺寸，如图 5-25 所示。这是弯曲工件的第四步，将合格的工件放入旁边的成品区后，继续进行下一个地角螺栓弯曲工作。

图 5-25　用卷尺检测地角螺栓的尺寸

2. 弯管

（1）弯管机弯管

1）图 5-26 所示是正在更换弯管的胎具。弯曲不同直径的管子，需要使用不同的胎具（因为胎具立面弯曲槽与待弯曲管子的直径相对应），用吊车将胎具套到旋转轴上。

图 5-26　换上与待弯管子相应的胎具

2）调整胎具以及配合靠模的位置，如图 5-27 所示。把管子放到相应的位置，用样板对弯曲位置进行检测，如图 5-28 所示。利用小铁板将管子夹紧定位，起动按钮，旋转轴带动胎具旋转，进行 ϕ98mm 管子第一处圆弧（弯曲的内径为 1100mm）的弯曲，如图

5-29所示。

图 5-27　调整胎具以及配合靠模的位置

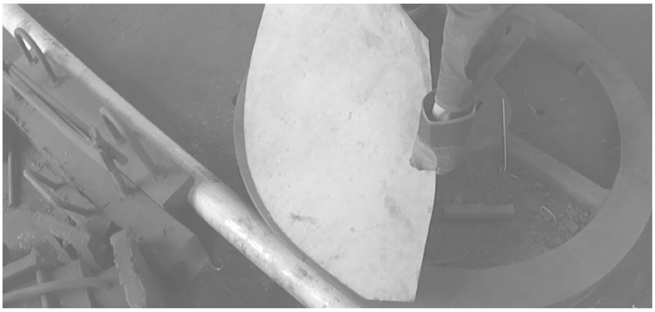


图 5-28　用样板检测管子放置的位置

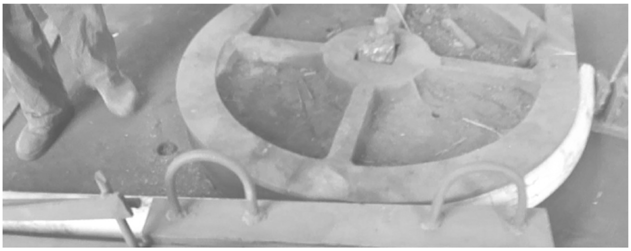


图 5-29　弯曲第一处圆弧

3）弯曲完一处以后，将胎具回位，翻转管子，用样板对第一处圆弧的曲率及弧长进行检查，如图 5-30 所示。

图 5-30 用样板检测弯曲的曲率及尺寸

4）继续第二处圆弧的弯曲，如图 5-31 所示。弯曲完第二处圆弧以后，将胎具回位，翻转管子，用样板对第二处圆弧的曲率及弧长进行检查。

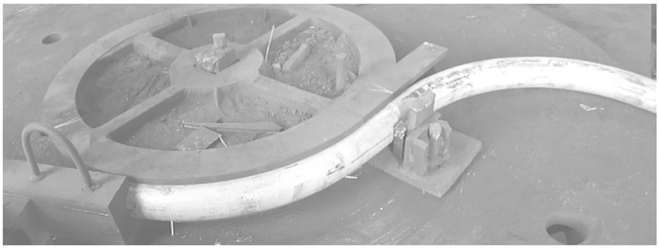


图 5-31 弯曲第二段圆弧

5）继续第三处圆弧的弯曲，如图 5-32 所示。弯曲完毕，用专用运送管子的吊钩挂好管子，指挥吊车将管子送到指定的区域，如图 5-33 所示。

（2）手工弯管

对于单件或少量的管子弯曲，制作冷弯模不经济，多采用加热后手工弯曲。若是有缝管则管缝要置于中性层位置，防止管缝开裂。手工弯曲的主要工序有灌砂、划线、加热、弯曲。

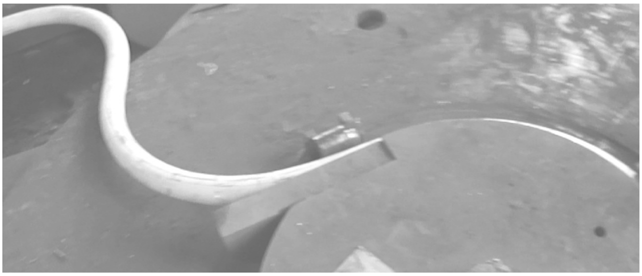


图 5-32　弯曲第三段圆弧

图 5-33　将弯曲完毕的管子吊运到成品区

1）灌砂。砂子要水洗、干燥、过筛（颗粒度 2mm 以下），一边灌砂一边用锤子击打管子产生振动，使管内的砂子填紧。

2）划线。按图样的要求定出弯曲部分的中点位置，向两边量出弯曲长度，再加上管子的直径，这就是需要加热的长度，如图 5-34 所示。

图 5-34　划线确定加热长度

3）加热。用氧乙炔焰加热到需要的温度（看管子的颜色），保温一定的时间，尽可能加热后一次完成弯曲（多次加热会增加管子的氧化层厚度，使管壁变薄），如图5-35所示。

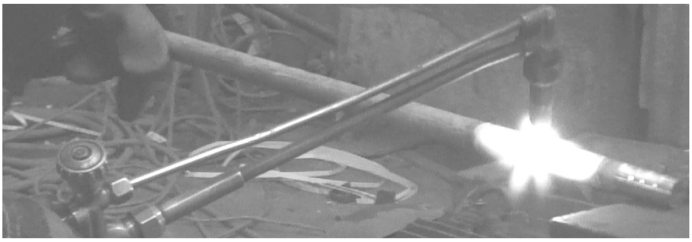


图5-35 转动管子均匀地进行加热

4）将管子置于模内进行弯曲，在弯曲时视管子的情况对弯曲处继续均匀加热，防止管子的断面变扁和起皱，如图5-36所示。一批工件弯曲后曲率应当相同，如图5-37所示。

图5-36 弯曲时继续对弯曲处均匀地加热

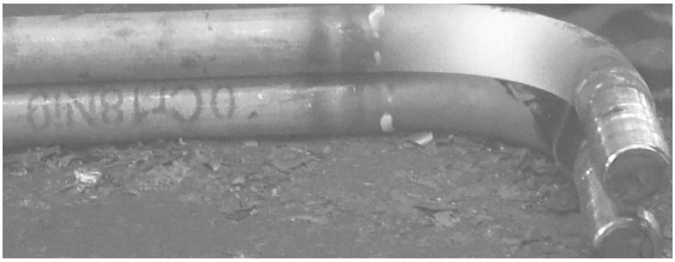


图5-37 弯曲完毕后的工件

5）管子冷却后，将管子的端头的木塞取出，把管内的填砂倒出，并清理干净。

（3）中频弯管

1）中频弯管机的外部结构如图 5-38 所示，弯管机中部的活动推板在弯管时前行，如图 5-39 所示。中频弯管是一种集加热、弯曲、冷却三者连续进行的过程。

图 5-38　中频弯管机的侧面结构

图 5-39　液压装置推动活动推板前行

2）吊车挂着吊绳，将管子放到装夹的位置。弯管过程中，管子的一端被活动挡板前部的锥形头顶住，另一端被弯管机外部的活动转臂夹住，管子的中部被固定板里面的胎具托住。如图 5-40 所示。

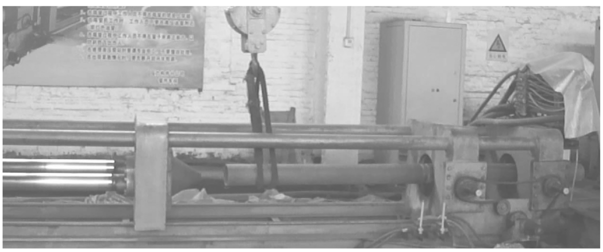


图 5-40　活动推板前面的圆锥头表面顶住管头

3）依据弯曲管子的直径大小，选取适当直径的感应圈（纯铜材料制造，圆圈内有小孔，水泵注入的冷却水从小孔中喷出，使感应圈加热的环形带的前后冷却），挂套在待弯曲的管子上，如图5-41所示。中频感应加热圈位于旋转的中心线上，感应圈发出的中频电流产生电磁场加热管子（加热的局部温度可达800～1200℃，需根据钢材的化学成分而定），位于弯曲区域后方的管子，由于感应圈上环形装置喷水冷却，所以没有因为加热的影响而降低强度和硬度，仍然使管子具有足够的刚性。

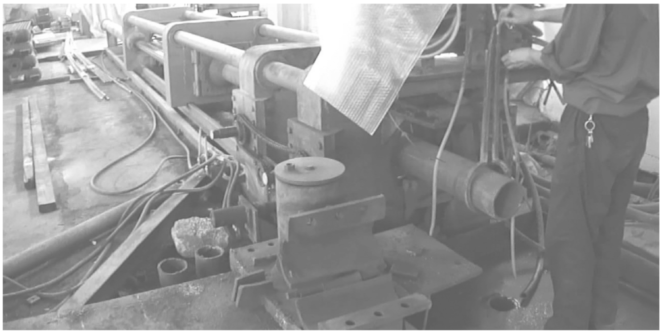


图5-41　打开旋转装置的夹头及挂好感应圈

4）按照图样要求的尺寸，量取感应圈外部管子的中心到转臂轴的距离，确定活动夹臂的长度，也就是确定管子的弯曲半径，如图5-42所示。然后将活动夹臂头部的一端装夹在管子上面，另一端装夹在旋转轴的夹套上，如图5-43所示。

图5-42　按图样要求测量管子的中心到转轴的转臂半径

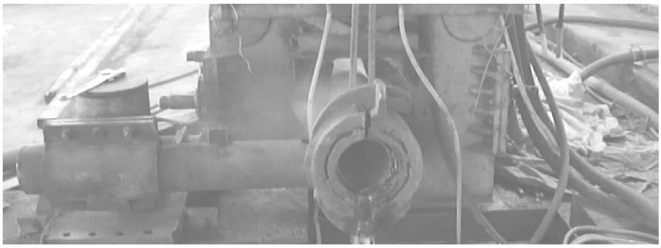


图 5-43　按弯管半径的尺寸安装好转臂

5）起动按钮，中频感应器对管子加热，如图 5-44 所示。对管子局部环形加热到 900℃左右，液压装置推动活动挡板前移，活动夹臂夹着管子的另一端转动，管子加热部分被弯曲，并立即喷水冷却。由于管子的加热区很窄，而两侧的温度低，管子的刚性大，限制了管子截面的圆度和褶皱。管子一端被活动挡板的圆锥头顶住，另一端被夹头夹紧，利用管子的轴向推力进行弯曲。活动转臂绕轴旋转，管子加热的部分即被弯曲，弯曲区域后方的管子又成了新的加热区，如此连续进行，完成弯管。中频弯管的特点是管子曲率半径均匀，外壁厚度变化小，表面不产生氧化皮。

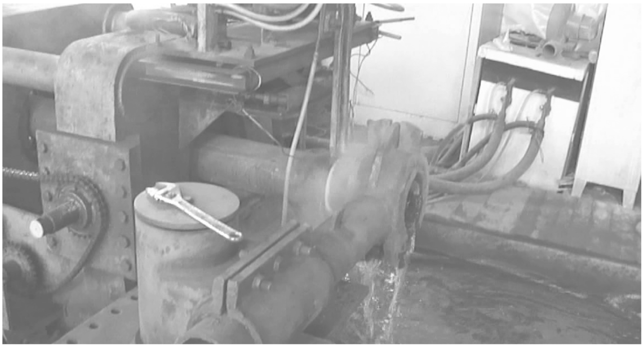


图 5-44　中频感应器

6）完成管子的弯曲后，如图 5-45 所示打开固定板的托具，松开活动转臂的夹头，退回活动推板（圆锥头与管头脱离接触），然后用吊车将弯曲好的管子运送到成品区。

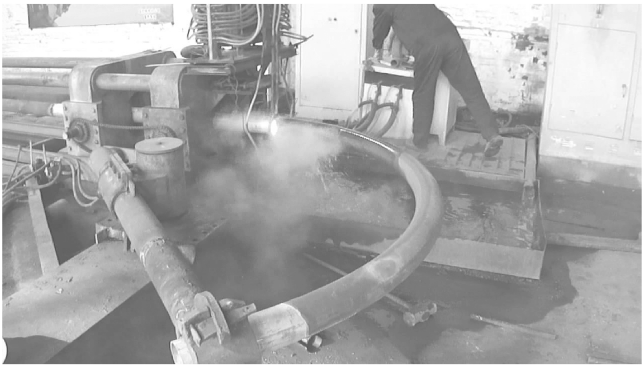


图 5-45 管子弯曲后松开活动夹臂的夹头

项目3 板料压弯

1. 压弯机

1）压弯机的作用：将薄钢板压成角钢、槽钢，以提高材料的强度和刚度。

2）压弯机的组成：正面可以看到上下模，下模的前部是托料架，如图 5-46 所示。从压弯机下模的侧面可以看到下模上有六种 V 形槽（90°），上下面各两个，左右面各一个，各槽的尺寸及规格不同。压弯钢板时，要根据钢板的厚度选用相应的 V 形槽。下模的前后有螺旋定位杆，对下模进行定位夹紧，如图 5-47 所示。

图 5-46 压弯机的正面

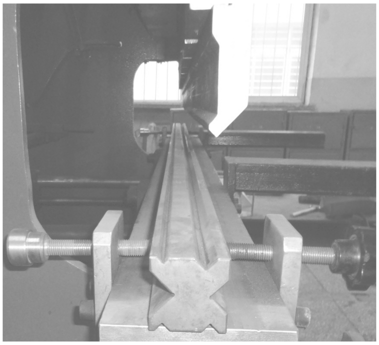


图 5-47 压弯机的上下模

2. 压制槽钢的工艺

用剪板机切出所需尺寸的钢板，在板料上画好两条压弯线，一人先将一条压弯线与下模 V 形槽的中心对正，松开双手，身体离开钢板（防止被弯曲的钢板碰伤），然后向同伴发出指令，如图 5-48 所示。另一人踩下脚踏开关，上模落下，将板料压入 V 形槽，板料的一边被压出直角，如图 5-49 所示。同样方法压制另一边，就得到所需要的槽钢，如图 5-50 所示。

图 5-48　压弯 1mm 的薄钢板

图 5-49　压弯薄钢板成角钢

3. 制作物品陈列柜

1）制作陈列柜是冷作加工专业学生实习的内容之一。由于客户

图 5-50 薄钢板压成需要的槽钢

的需求不同，陈列柜的样式、尺寸、厚度均不一样。学生可依据图样的尺寸计算下料，并把陈列柜划分成几个部件。装配和焊接各部件时要检测尺寸及位置，避免出错而返工，如图 5-51 所示。

图 5-51 对装配的部件进行检测

2）钢板经过号料、剪切、压弯、装配、焊接等工序，制作成陈列柜。总装完工后要用手砂轮对飞边和焊缝进行修磨，如图 5-52 所示。

【要点】 钢板剪切后需要修磨边缘的飞边，防止搬运及压弯时伤手。压弯时手及身体必须离开板料，防止被碰伤。部件装配、总装时均要检测好尺寸及垂直度，才能进行定位焊、焊接。最后要用手砂轮磨削焊缝，喷防锈漆，按客户要求的颜色喷面漆。

图 5-52　对总装后产品进行修磨

项目 4　板料滚压成半管

阐述说明

石化及制药行业使用聚合釜进行聚合反应。釜在使用时内部会产生较高的温度，需要在其表面焊接半管，通过冷却水在半管内的循环，降低釜体的温度。

1. 滚压半管

1）制作半管用的钢板是带状，长度为298m，成卷供应。在使用前整卷钢板要送到热处理车间进行整体退火处理，消除内应力、提高塑性后再送到弯曲车间。将钢板卷用吊车挂放到托架（弯曲加工车间自己制作）上，电动机带动半管机的滚轮转动，钢板向弯管机输送，使钢板卷转动，进行制作半管的操作，如图 5-53 所示。

图 5-53 用于滚压半管的带状钢板

2）电动机驱动旋转轴进行旋转，旋转轴上的滚轮碾压带状钢板，将钢板拉直并滚压出半弧。图中是输入端的滚轮对钢板带进行一次碾压，弯曲的深度及半弧的直径均没有达到图样的要求，如图5-54所示。

图 5-54 带状钢板经滚轮一次滚压

3）钢板被输入端滚轮进行一次碾压后送到输出端，输出端的两滚轮（凸凹轮）对钢板进行二次碾压，使钢板成为符合图样要求曲率、直径的半管，如图 5-55 所示。

图 5-55　带状钢板经滚轮二次滚压成为半管

4）经二次碾压后出来的半管，由于曲率的原因，最后成为如图 5-56 所示的半个圆周。这时要关闭电动机使滚轮停止滚压。按图样要求的长度，在半圆周的下端画出切割线（要预留出后序的加工量，即氧乙炔焰的割缝、无齿锯的切割量、装配时的加工余量），吊车工开动吊车，将吊钩放到半管中点的位置。一人爬到梯子的上端，用钢丝绳拴好半管后挂在吊钩上，另一人则按所画的切割线用氧乙炔焰对半管进行切割。

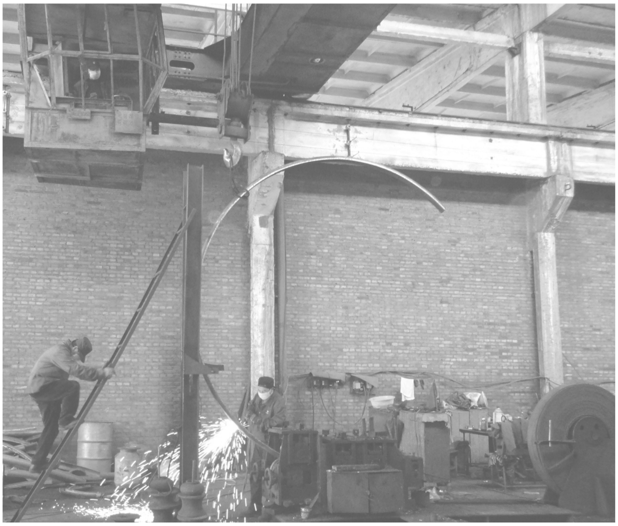


图 5-56　准备切割吊运半管

2. 修磨半管

1）用氧乙炔焰切断半管后，吊车将半管吊运到旁边的切割场地，用无齿锯切割掉半管的一端头部（刚刚经过氧乙炔焰的切割，半管的头部有氧化铁熔渣）。同样切割掉另一端的头部。然后指挥吊车将其放置到修磨场地，如图5-57所示。

2）将半管在修磨场地摆好，两根半管之间要留出行走距离，修磨所有半管两端及上边缘的飞边，然后用吊车将所有的半管翻转180°，修磨另一边缘的飞边，如图5-58所示。

图5-57　用无齿锯切割半管的接头

图5-58　用手砂轮磨削半管边缘的飞边

项目5　封头的冲压及开坡口

阐述说明

压力容器的封头均采用将板料加热后进行压制而成，下料时要留出成形后封头的直边量及修边余量，封头压制后要先修直边再开坡口。碳钢的封头用氧乙炔焰开坡口，不锈钢封头要用等离子弧开坡口。

1. 压延定义

利用凸凹模使一定形状的平板毛坯变成开口空心零件的过程称为压延。

2. 压延圆形封头的过程

1）检查上道工序车间运来的圆板，核对材质、数量、尺寸、标记。

2）打开加热炉，用叉车取出加热炉中的放料衬板。在衬板上放一些耐火砖，用吊车运来压制封头的圆板，放置在耐火砖上，如图5-59所示。每张圆板之间都要放置耐火砖隔离，便于加热后的吊运。每一炉能加热8～10张圆板，但是压制时每次只能压一张。圆板毛坯都放好以后，用叉车送入炉中，如图5-60所示。

图5-59　叉车的叉子上装衬板和圆板毛坯

图5-60　衬板和圆板毛坯送入炉中

3）将准备压制封头的板料加热到要求的温度（A状态即奥氏体状态，温度为1000～1200℃），保温一定的时间，然后打开炉

门，用叉车将放料衬板及上面的圆板取出后，关闭炉门。一人迅速用吊钩挂住最上面的钢板，指挥吊车将其吊到压力机前面，另一人开动叉车，将放料衬板及上面的圆板送回炉子继续加热，如图 5-61 所示。

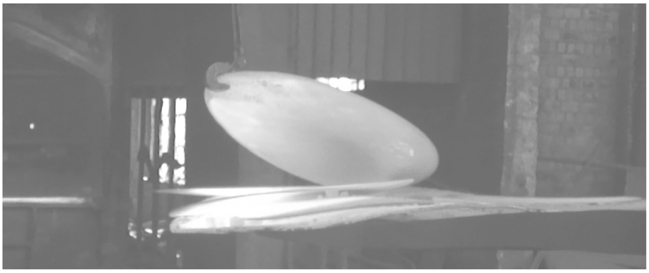


图 5-61　吊起一张加热好的圆板毛坯

4）压力机前的冲压工用火钳将吊车运来的圆板毛坯夹住，指挥吊车把它放置到压力机的下胎具上面，用撬棍调整圆板的边缘与下胎具边缘的距离，如图 5-62 所示。操作工按下按钮，上胎具带着压边圈缓缓下落，压边圈首先将板料压住，上胎具开始压制封头，如图 5-63 所示。当上胎具压入板料一半以后，停止压制，撬起压边圈，垫上垫铁，如图 5-64 所示。

图 5-62　圆板毛坯放置到下胎具上面

5）在压边圈与撬棍之间垫上钢板后，为防止发生意外，人员需远离上下胎具。继续进行冲压，这样圆板毛坯就紧紧地包裹住上

图 5-63 上胎具压入圆板

图 5-64 上模具压入板料一半后撬起压边圈

胎具表面。上胎具将板料压出下胎具后，板料产生回弹，如图 5-65 所示。因此当上胎具在液压系统的控制下升起回位时，包裹在上胎具外表面的封头被下胎具的端面卡住而落下，完成封头的压制，如图 5-66 所示。

6）重复上面的操作，直至完成这一炉钢板（8 张）的封头冲压。

3. 封头开坡口

1）将要加工坡口的封头用吊车运到空地上，拿着该封头的内卡样板，进行四心划线，在封头的内外侧确定封头的（直边量及修边余量的）基准点，如图 5-67 所示。

图 5-65 上胎具的表面包裹板料压出下胎

图 5-66 上胎具回位时封头被卡住落下

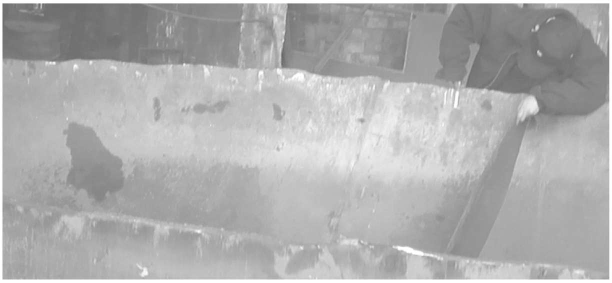


图 5-67 用四心划线确定封头的基准点

2）将封头用吊车运到叉车的叉子上，用盘尺由外侧的 4 个基准点向封头的底部量取弧长后，算出底部圆周的直径，加工胎架上的支承部位与该圆周直径相等，如图 5-68 所示。

图 5-68 用 4 个基准点确定封头底部圆周的直径

3）胎架固定在由钢板焊接而成的支承台上，其中间部位圆周与

封头下部所画的圆周相对应。胎架上的几根可调螺杆与封头接触，如图 5-69 所示。

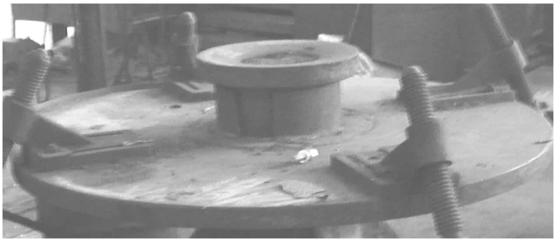


图 5-69　支承封头的胎架

4）然后用吊车将封头放置到加工胎架上，查看封头的底部圆周与胎架支承部位的重合情况，若不合适，要进行调整，如图 5-70 所示。

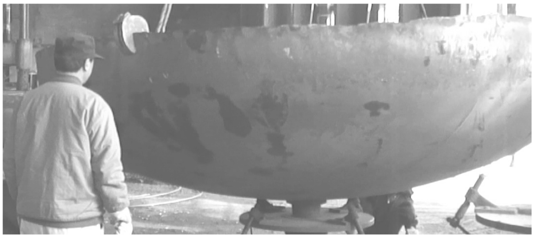


图 5-70　将封头放到加工胎架上调整位置

5）用撬棍拧动控制横向进给的旋转手轮，使齐边加工的割嘴、摩擦轮、画线夹头前移。用手转动封头，划线夹头上的石笔就会在封头外表面划线，旋转封头一周后，划线完毕，如图 5-71 所示。

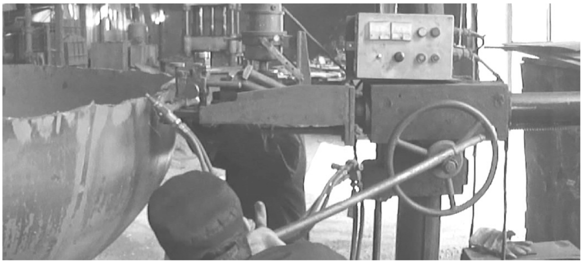


图 5-71　用撬棍拧动控制横向进给的旋转手轮

6）基准点并不通过所画的线，所画线的以上部分是将要切掉的余量。基准点到所画线的距离为封头的直边高（50～100mm，直径不同，直边不同），如图5-72所示。

图5-72　划线夹头内的石笔在封头表面划线

7）调整割嘴与所画的线在同一平面内且距离适当，装置上的摩擦轮（图中叉子最前端的小齿轮）与封头接触，摩擦轮转动带着封头转动，割嘴（位置不动）喷出氧乙炔焰，当封头转动一圈后，余量即被切掉，完成封头的齐边，如图5-73所示。

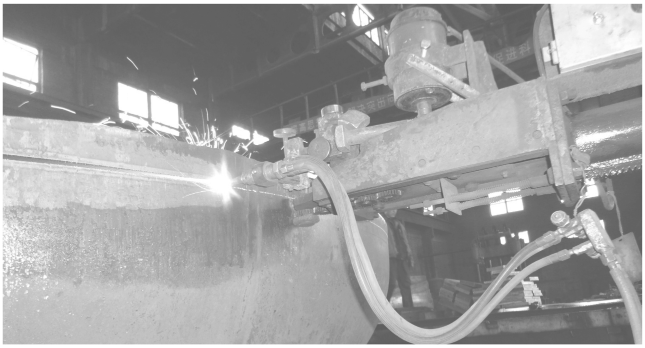


图5-73　用氧乙炔焰对封头进行齐边

8）封头齐边后，按图样要求的坡口形状与尺寸，调整割嘴向上倾斜一定角度，加工封头的外坡口，当封头在摩擦轮的带动下转动一周后，即完成外坡口的加工，如图5-74所示。

9）对于碳钢封头，加工内坡口时，只需将割嘴向下调整一个角度（依然是采用氧乙炔焰），封头在摩擦轮的带动下转动一周后，即完成内坡口的加工。复合钢板封头（封头的内层是不锈钢，外层是

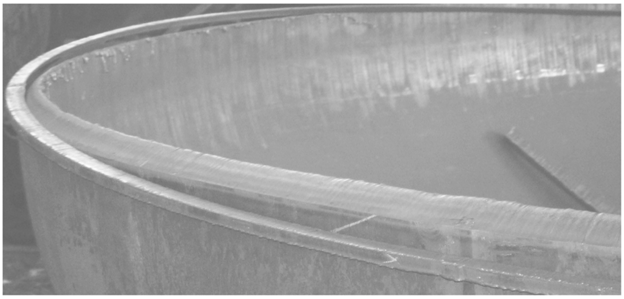


图 5-74 封头加工外坡口

碳钢，这样可以降低容器的生产成本，容器内部又可以存储有腐蚀性的介质）的内坡口要用等离子弧加工，如图 5-75 所示。

图 5-75 用等离子弧加工封头内坡口

10）加工完内外坡口以后，要用扁铲清除坡口表面的氧化皮，如图 5-76 所示。

图 5-76 复合钢板的封头加工完内外坡口

模块6　零件的连接

阐述说明

冷作产品由许多零部件组合完成，零件之间必须通过一定方式的连接，才能制造出完整的产品。常用的连接方法有焊接、铆接、螺纹联接和胀接。这里只讲述由冷作钣金工来完成的螺纹联接、铆接和胀接。

项目1　螺 纹 联 接

1. 螺纹联接的定义

用螺纹零件构成的可拆卸的固定联接，称为螺纹联接。

2. 螺纹联接的种类

（1）螺栓联接

1）螺栓联接的组成：主要由螺栓、螺母、垫圈组成，如图6-1所示。

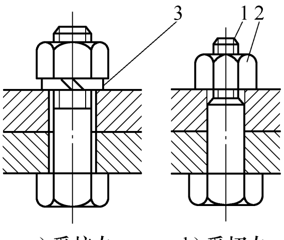


图6-1　螺栓联接

1—螺栓　2—螺母　3—垫片

2）螺栓联接的场合：螺栓联接主要用于通孔部位的连接，工件不太厚。

3）螺栓联接的方法：穿螺栓后套垫圈，上螺母后拧紧（使用两个扳手），拧紧力不能太大，否则会造成螺栓拉长或工件变形，拧紧力也不能太小，否则会造成连接不可靠。

4）拧成组螺栓。无论是单排、双排、方形、圆形工件，拧紧螺栓遵循的原则是：从中间到两边，按对称和对角的方法，分三次来拧紧（拆卸时则相反），如图6-2、图6-3所示。

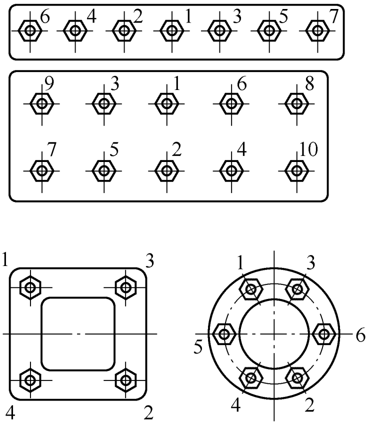
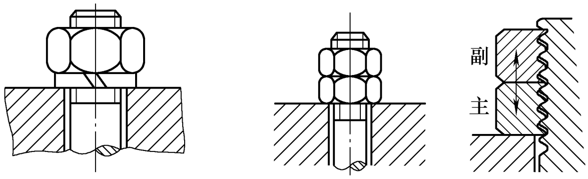


图 6-2　拧紧成组螺栓的方法

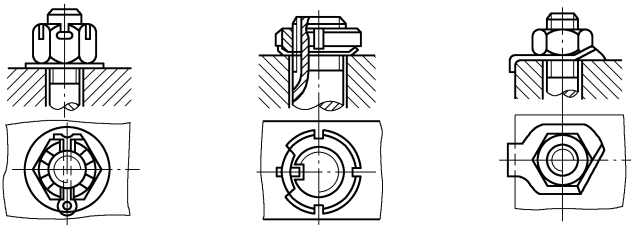
图 6-3　拧紧干燥机部件螺栓实例

5）螺栓联接的防松方法：通常使用增大摩擦力的方法防松或机械防松，如图 6-4、图 6-5 所示。



a) 弹簧垫片　　b) 双螺母

图 6-4　增大摩擦力的防松方法



a) 开口销防松　　b) 止退垫圈防松　　c) 止动垫圈防松

图 6-5　机械防松措施

（2）双头螺柱联接

1）双头螺柱联接：由双头螺柱、螺母、垫圈组成，如图6-6所示。

2）双头螺柱联接的场合：双头螺柱联接主要用于连接件比较厚、不适合用螺栓联接的场合。

3）双头螺柱联接的方法：旋入端拧入盲孔而另一端穿过通孔后拧上螺母固定。

4）双头螺柱联接的装配方法：双螺母对顶或螺钉与双头螺柱对顶，如图6-7所示。

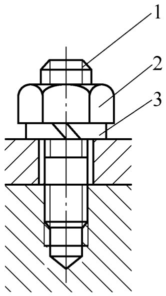
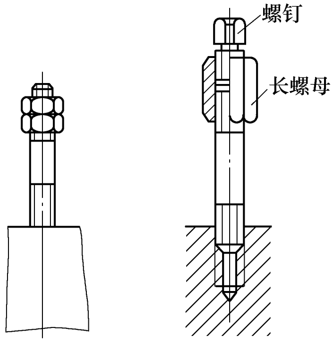


图6-6　双头螺柱联接
1—双头螺柱　2—螺母　3—垫圈



a) 双螺母对顶　b) 螺钉与双头螺柱对顶

图6-7　双头螺柱的装配

（3）螺钉联接

1）直接将螺钉拧入被连接件的螺孔内，拧紧力要适当。

2）六角头、方头的螺钉用于受力较大的场合；半圆头、沉头的螺钉用于受力小的场合。

3）紧定螺钉：全长都有螺纹，用于固定两零件的相对位置，又称定位螺钉。

项目2　铆　　接

阐述说明

冷作工件虽然大部分都采用焊接，但由于铆接的韧性和塑性比焊接好，传力均匀可靠，容易检查和维修，所以对于承受冲击和振动载荷的构件的连接、某些异种金属的连接、以及焊接性差的金属（如铝合金）的连接中，仍得到广泛的应用。

1. 铆接的定义

用铆钉将两个或两个以上的零件（部件）连成一体的操作，称为铆接，如图6-8所示。

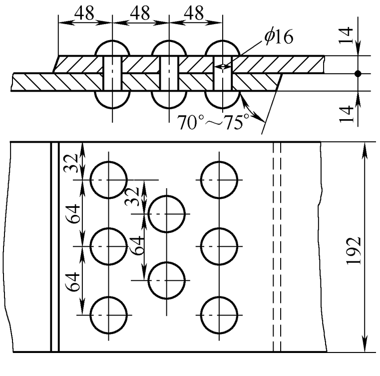


图6-8　铆接工件（搭接）

2. 铆接的优点

铆接构件的应力和变形小，铆接后的部件能够承受较强的冲击和振动。

3. 铆接按连接件的位置分类

1）搭接：两块钢板搭在一起进行的铆接称为搭接。

2）对接：两块钢板置于同一平面，用盖板（单面或双面）作连接件所进行的铆接称为对接。

3）角接：两板件处于垂直位置或一定角度，用角钢作为连接件（单面或双面）进行的铆接称为角接。

4. 按铆接的性质及应用场合分类

1）强固铆接：强固铆接要求强度足够但对严密性无要求，适用于房架、桥梁、车辆、塔架等。

2）紧密铆接：紧密铆接要求强度一般但对严密性要求较高，适用于水箱、油箱、油罐等。

3）密固铆接：密固铆接要求强度足够，严密性良好，适用于锅炉、压缩气罐、压力管道。

5. 按铆接的温度分类

1）冷铆：塑性好的铆钉可以冷铆。用铆钉枪冷铆，铆钉的直径在12mm以下；用铆接机冷铆，铆钉的直径在25mm以下。

2）热铆：铆钉加热后，其内部组织是奥氏体，在此状态进行铆接，冷却后铆钉长度收缩，与板缝贴合紧密，从而达到足够的连接强度。

6. 铆钉枪的保养与使用

（1）铆钉枪的结构

如图6-9所示。

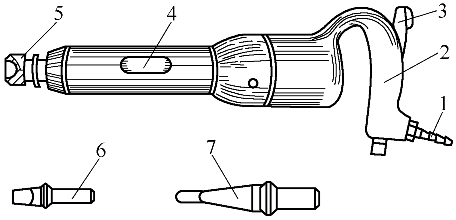


图6-9 铆钉枪

1—管接头 2—手把 3—开关 4—枪体 5—窝头 6—铆平头 7—冲头

（2）铆钉枪的保养

1）使用铆钉枪之前在管接头处滴少量的机油，使铆钉枪在工作时不至于磨损而破坏。

2）使用前先用压缩空气把软管内清理干净。工作时压缩空气的压力为0.4～0.6MPa，若压力过高，影响铆钉枪的使用寿命，压力过低，会降低其工作能力。

3）铆钉枪的拆装不应在多尘环境下进行，应在清洁的场所完成。

（3）铆钉枪的空枪操作练习

1）经常检查风管与铆钉枪，若窝头过热要浸入水中冷却，发现接头处松动要及时紧固。若风管脱落，要迅速关闭风源开关，防止风管伤人。

2）将大木墩放在平地上，右手握住枪把，左手把持枪体，将铆钉枪竖直顶在木墩上，用力压住铆钉枪，防止窝头和枪体内的活塞飞出伤人。然后用右手的拇指控制开关，调整进入枪体的压缩空气流量。

3）稳定把持枪体，熟练地掌握开关，交替进行断续送风和连续送风，做到能自如地控制铆钉枪的打击力和调整枪位，这对掌握铆接技术非常重要。

7. 热铆的操作

（1）铆接的准备

1）4 人为一个作业小组，1 人负责烧钉并扔钉，1 人负责接钉并穿钉，1 人顶钉，1 人铆接。每人把各自的工具准备好。

2）照图样将工件按装配位置摆放好，矫正两板间的错位，可先在孔中穿过螺栓并拧紧来做临时固定（螺栓数量是铆钉总数的一半且均匀分布，防止被结合的零件在铆接时发生移动）。

3）计算铆钉杆的长度：

$$L = 1.7d + 1.1\sum\delta$$

式中 L——铆钉杆的长度（mm）；

d——铆钉杆的直径（mm）；

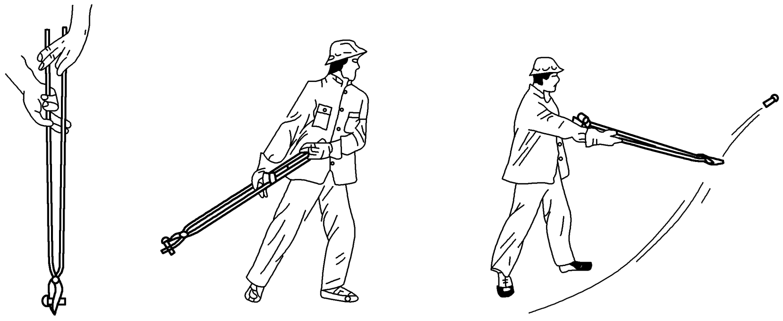
$\sum\delta$——连接件的总厚度（mm）。

铆接时要通过试铆来确定铆钉杆的实际长度。

（2）铆接作业

1）用焦炭炉将铆钉加热到橙黄色（温度为 900～1000℃），铆钉的内外温度要均匀。

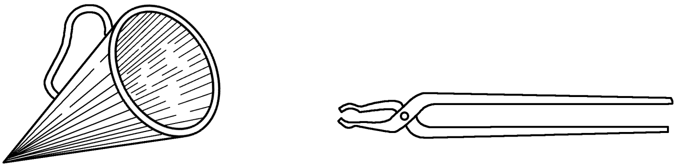
2）扔钉者将加热好的铆钉用烧钉钳夹住，迅速抛给穿钉者，如图 6-10 所示。操作时要先将烧钉钳向身体的右后方摆动，如图 6-10b 所示。双手用力将烧钉钳摆到身体的前方，如图 6-10c 所示。及时松开烧钉钳，将铆钉扔出。



a) 烧钉钳握法　b) 扔钉时的后摆动作　c) 抛扔铆钉

图 6-10　扔钉技术动作

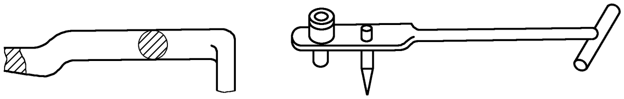
3）接钉者一手持钉桶，一手拿穿钉钳，面向扔钉者站立，如图 6-11 所示。钉桶迎向飞来的铆钉，钉落入桶中时将桶后退一下，使铆钉得到缓冲避免反弹。用穿钉钳迅速夹住桶内的铆钉，在桶上敲一敲（敲掉钉上的氧化皮，同时提醒顶钉者及铆接者准备操作），将铆钉穿入待铆接的孔中。



a) 接钉桶　　b) 穿钉钳

图 6-11　接钉工具

4）顶钉者双手拿顶把（依据工件铆接的位置选择抱顶把或压顶把），顶把的结构如图 6-12 所示，规格与预制的铆钉头相符，但窝浅一些。也可以将窝头固定在台架上，代替手顶把顶钉，小台架的形式如图 6-13 所示。用顶把前端的顶模将穿入钉孔的铆钉头部顶住，铆接者用铆钉枪上的罩模对准铆钉杆打击，如图 6-14a 所示。开始时风门要小，待钉杆镦粗后，再加大风门，逐渐打成钉头形状，如图 6-14b所示。最后将铆钉枪上的罩模绕着钉头旋转一周，一边旋转一边打击，使铆钉头圆周与连接件表面结合紧密，如图 6-14c 所示。但不许过分倾斜，否则会将构件的表面打出压痕。



a) 抱顶把　　b) 压顶把

图 6-12　手顶把

8. 铆接机的工作过程及特点

1）液压铆接机的结构如图 6-15 所示。

2）工作过程：液压油经管接头 8 到达液压缸 4，推动活塞 5 使

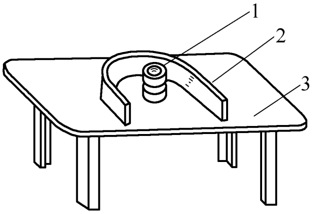


图 6-13 铆接小台架
1—窝头 2—支承板 3—台架

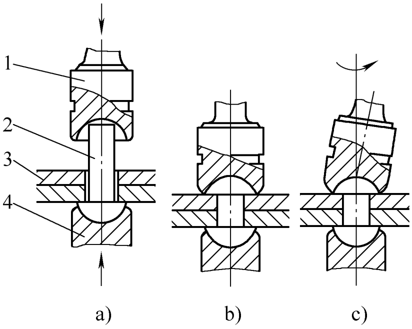


图 6-14 铆接过程示意图
1—凹头 2—铆钉 3—工件 4—顶把

之下移，铆钉在上下凹头 2、3 之间受压变形，形成铆钉头。铆接结束后靠弹簧 7 的弹力使活塞 5 复位。

3）铆接机和铆钉枪不同，铆钉枪是利用锤击的力量使铆钉杆变形，而铆接机是利用液压产生的压力使铆钉杆变形并形成铆钉头，因此在工作时无噪声，产生的压力大而均匀，所以铆接的质量和强度较高，同时钉头的表面也光洁。

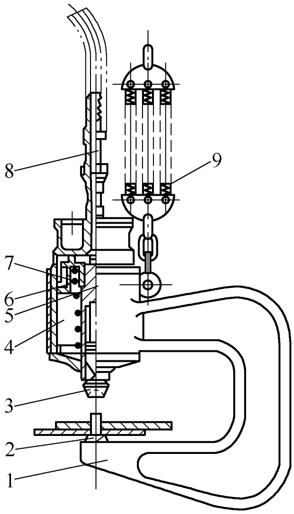


图 6-15 液压铆接机
1—机架 2—下凹头 3—上凹头
4—液压缸 5—活塞 6—密封垫
7—弹簧 8—管接头 9—缓冲弹簧

9. 铆接质量的检查

1）目测铆钉头有无裂纹，工件表面是否有剋伤。

2）用 0.3kg 的小锤轻敲铆钉头听声音，以确定铆钉紧密程度是否合格。若铆钉头与工件紧密结合，则声音浑厚；若铆钉头与工件贴合不严，则声音就有差别。

3）发现铆钉松动或别的缺陷，要铲去重新铆接。

项目3 胀 接

阐述说明

胀接是利用管子和管板变形来达到密封和紧固的一种连接方法，常用在换热器及锅炉的制造上。它可以采用不同的方法，如机械、爆炸和液压等来扩胀管子的直径，使管子产生塑性变形，管板的孔壁产生弹性变形，利用管板孔壁的回弹对管子施加径向压力，使管子与管板的连接接头具有足够的胀接强度（拉脱力），消除管子与管板之间的缝隙（也就是消除缝隙间腐蚀的隐患），保证接头工作时（受力后）管子不会被从管孔中拉出来，同时还具有较好的密封强度（耐压力），在工作压力下保证设备内的介质不会从接头上渗漏出来。

1. 胀接的定义

使管子和管板在外力的作用下产生变形，达到密封和紧固的目的，称为胀接。

2. 胀接工艺简介

（1）应用场合

对温度、压力和密封要求较高的场合，主要是换热器和锅炉。

（2）胀接原理

扩胀管子的直径，使管子产生塑性变形，利用管板孔壁的回弹对管子施加压力，使两者的结合具有足够的强度，保证接头受力时管子不被拉出，同时有良好的密封性，工作时接头不泄露。

（3）胀接结构形式

1）光孔胀接：光孔胀接适用于压力 < 0.6MPa，温度 < 300℃，长度 <20mm的场合，如图6-16所示。

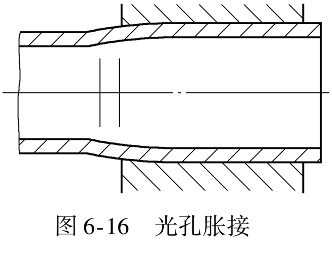
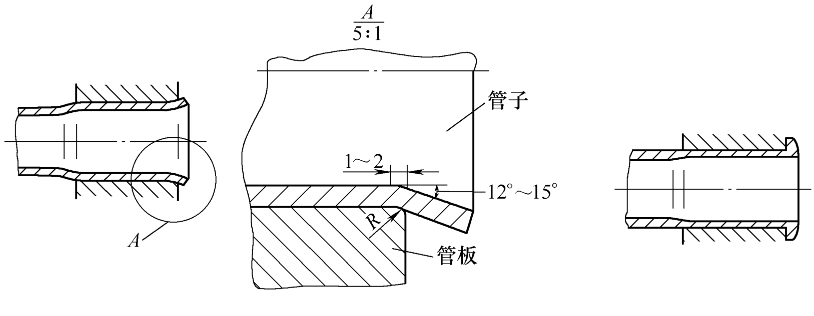


图6-16 光孔胀接

2）翻边胀接：管子胀紧后，将管头扳边成喇叭口，提高接头的密封性及强度，如图 6-17、图 6-18 所示。

3）开槽胀接：在管板的孔内开环形槽，使管子胀接后能进入槽里，保证管子受力后不被拉出。胀接时温度 < 300℃，工作压力 <3.9MPa，如图 6-19 所示。



a) 扳边　　b) 翻边

图 6-17　翻边胀接

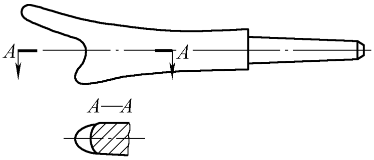


图 6-18　翻边用压脚

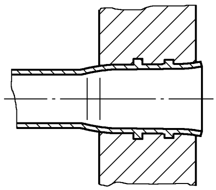


图 6-19　开槽胀接

4）胀接加端面焊：接头的密封性要求较高的场合，仅仅靠胀接不能满足要求，因此采用胀接 + 端面焊接的方法。先胀后焊用于高压件和厚板，先焊后胀用于低压件和薄板。

（4）胀接所用的工具

1）前进式胀管器：前进式胀管器工作时既胀管又扳边。

2）后退式胀管器：用于管板厚度大，管子直径小场合的胀接。

（5）胀接的动力装置

1）风动胀管机：利用压缩空气进行胀接的设备。

2）电动胀管机：电动胀管机是用电动机作动力，其上装有控制

胀管器扭矩的控制仪。

（6）爆炸胀接

将炸药放入待胀的管子中，用雷管引爆后，瞬间产生高温、高压的冲击波使管子膨胀，这样管子与管板就紧密地胀接在一起。

（7）液压胀接

液压胀接是利用液压胀管器来进行胀接。

（8）管壁与管孔壁表面粗糙度的要求

1）太粗糙则密封性差，太光滑则降低连接强度。

2）管孔表面应进行精钻或铰孔加工，管子胀接的外表面要粗抛光或用粗纱布打磨，保证胀接强度和密封性。

3. 前进式胀管器

1）前进式胀管器结构如图 6-20 所示。

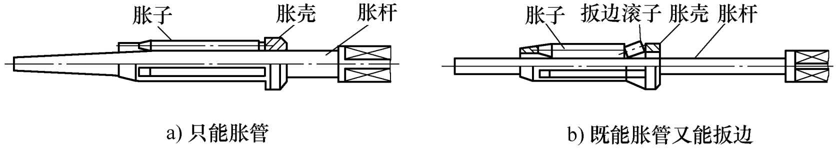


图 6-20 前进式胀管器

2）胀接过程：将胀管器伸入管内，然后推进胀杆使胀杆、胀子、管子内壁都互相贴紧，并连接动力装置带动胀杆作顺时针方向旋转，则胀子反时针方向旋转，在管子内壁进行碾压，使管壁的金属延伸、管径增大，从而达到胀紧的目的，如图 6-21 所示。

4. 分开式后退胀管器

1）分开式后退胀管器的结构如图 6-22 所示。

2）胀接过程：胀接一般分两次进行。首先将外套壳 8 向左推动，使钢球 7 打开，则接套管 6 和胀壳 10 分开。然后将胀子部分送到胀接长度末端，顺时针方向旋转胀杆 1 使该部分管子胀紧，达到应有的胀紧程度。再转动定位螺母 2，将轴承 5 推向胀杆使胀管器逐步由内向外退出，同时将管子全长胀紧以保持原来的胀紧程度。

5. 风动胀管器

1）风动胀管器的结构如图 6-23 所示。

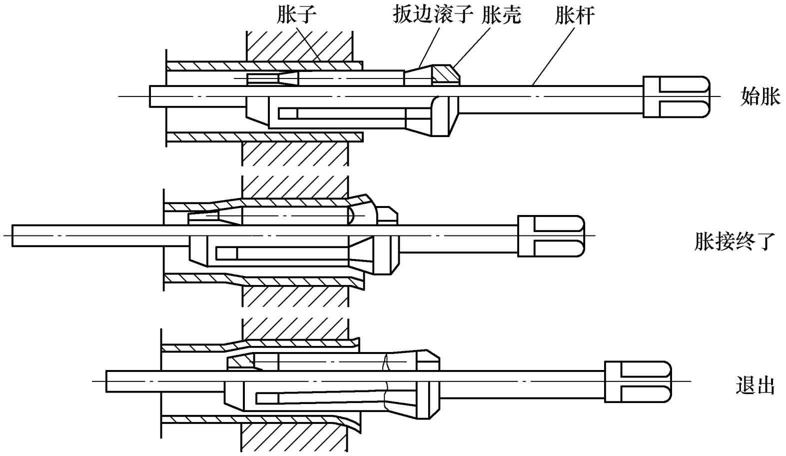


图 6-21　前进式胀管器的工作过程

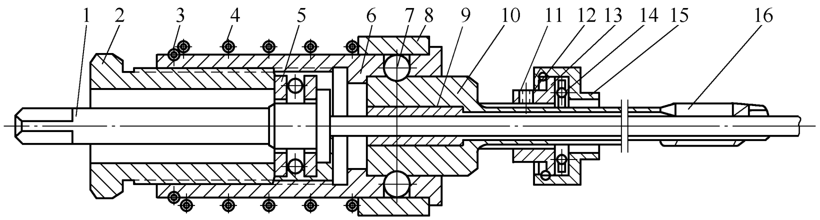


图 6-22　分开式后退胀管器的工作过程

1—胀杆　2—定位螺母　3—止推弹簧圈　4—弹簧　5、14—轴承　6—接套管
7—钢球　8—外套壳　9—定位圈　10—胀壳　11—螺钉　12—弹簧圈
13—定位盖　15—轴承外壳　16—胀子

2）工作过程：将胀管器的胀杆装在胀管机的主轴上，压缩空气进入叶片式转子发动机使之产生高速旋转，经过两极齿轮的减速装置带动主轴上的胀管器进行胀接。

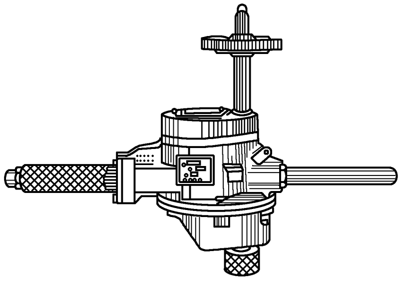


图 6-23　手提式风动胀管器

6. 爆炸胀接

1）爆炸胀接的结构如图

6-24所示。

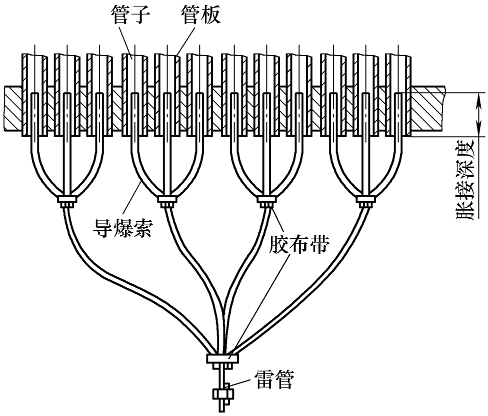


图 6-24　爆炸胀接

2）高能炸药塞入待胀的管内，启动引爆雷管，瞬间产生高温高压的冲击波使管子膨胀并与管板紧密地胀接在一起。

3）要根据管子的规格、管板的厚度、材料性能、间隙大小和胀接长度来选择炸药包的形状和药量，爆炸胀接前要试爆。

7. 液压胀接

机械胀接是国内外目前最为常用的方法，但该方法除了具有劳动强度高和工作效率低等缺点外，还难以对管板厚度超过 100mm 以上的换热器实行全厚度胀接。而现代化装置中，换热器的管板厚度越来越厚，管板厚度超过 200mm 的换热器已不鲜见，用传统的机械胀接技术无法对这种厚管板换热器进行全厚度胀接，使得换热管和管板之间的间隙难以消除，留下间隙腐蚀的隐患。液压胀接是近几十年来发展起来的新型胀接技术，可对各种规格和各种材料的换热管进行可靠的全厚度胀接，特别适用于对厚管板换热器和大口径管的胀接，是换热器及锅炉制造和维修过程中连接管子与管板的专用胀接设备。

1）液压胀管器的结构如图 6-25 所示。

2）液压胀管的工作原理如图 6-26 所示。

3）胀管过程：胀接前，液体由油路 1 送入胀头，并将增压器活塞推向右方的原始位置。转换控制阀使油路 2 接通，此时，高压泵产

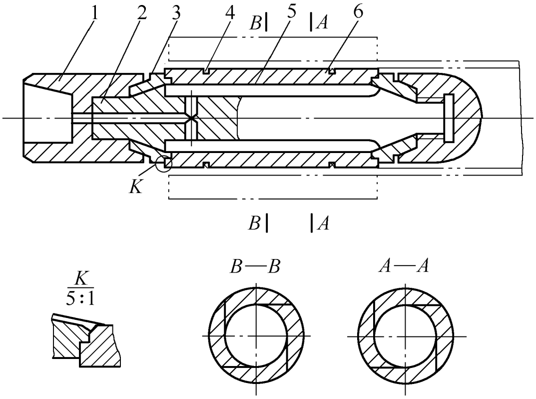


图 6-25 液压胀管器

1—接头 2—拉杆 3—压盖

4—弹性圈 5—弹性膜 6—挤压环

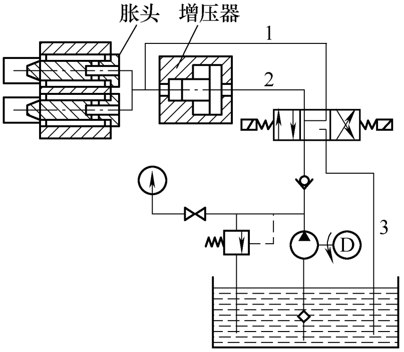


图 6-26 液压胀管的工作原理

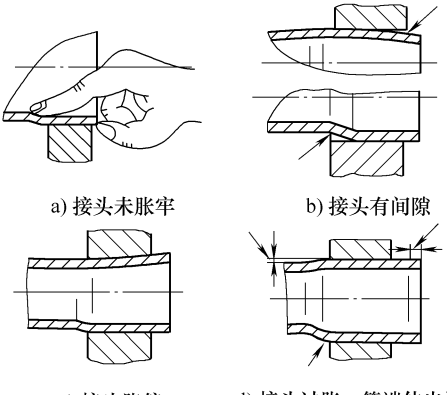
注：图中 1、2、3 均表示油路。

生一次压力通过增压器转换成需要的二次压力（二次压力从一次压力表上间接显示），压力的大小通过调节溢流阀来控制，当转换控制阀使液压系统与油路接通即可卸载，将胀头取出，胀接过程结束。

4）液压胀管的优点：劳动强度低，生产效率高，胀接质量均匀可靠，胀后管子残余应力低，可对任意管板厚度的换热器进行全厚度胀接。

5）液压胀接产生的缺陷及原因：胀接接头会产生胀偏、不牢、

间隙等缺陷，如图 6-27 所示。其产生原因是管子的扩胀量不足导致接头的强度和密封性差，或管子的扩胀量过大导致接头的强度和密封性降低。



a) 接头未胀牢　b) 接头有间隙

c) 接头胀偏　d) 接头过胀、管端伸出过长

图 6-27　有缺陷的接头

模块 7　装　　配

阐述说明

将零部件按图样的要求组合成产品，称为装配。产品的质量不但取决于零部件的制造精度，而且取决于装配的质量，装配是决定产品质量的重要环节。

项目 1　筒体、锥体的装配

1. 单节圆筒纵缝的装配

1）指挥吊车将滚制好的大圆筒从卷板机的轴辊中抽出，放置到旁边的装配钢板上，此时吊车不能撤离，吊钩仍然挂在圆筒上，防止圆筒滚动，保证装配及焊接人员的安全。冷作钣金工拿着撬棍，查看接缝情况，对于板料的搭边、高低不平、歪扭（俗称错牙）用撬棍进行调整，指挥焊工对焊缝中间的某处进行定位焊，如图 7-1 所示。

图 7-1　装配圆筒的纵缝

2）焊缝两端的接头是调整的重点，但不能进行焊接（定位焊是由中间向两边进行，也可以由一端向另一端进行，绝不允许两端焊完向中间进行）。有时需要吊钩下降一点（仍然挂着圆筒），利用圆筒的自重使板边搭上的部分分开，然后进行定位焊，如图7-2所示。

图7-2 用撬棍调整焊缝两端的接头

3）板料接缝的一端及几处定位焊以后，调整另一端的接头进行定位焊。然后焊工还要再焊接几处，防止在吊运时焊缝裂开（吊车的吊钩不能总是挂着圆筒，其他的班组也需要吊车）。冷作钣金工指挥吊车将筒节放入地坑，使焊缝位于圆筒的最高处，这样焊工对筒节外口进行焊接的时候，焊缝是处于平焊的位置，容易得到质量优良的焊缝，如图7-3所示。也可以在滚筒的胎架上，利用可移动的举升梯进行外口（内口或对接筒体）的环缝焊接，如图7-4所示。

图7-3 将定位焊后的圆筒放入地坑焊接外口

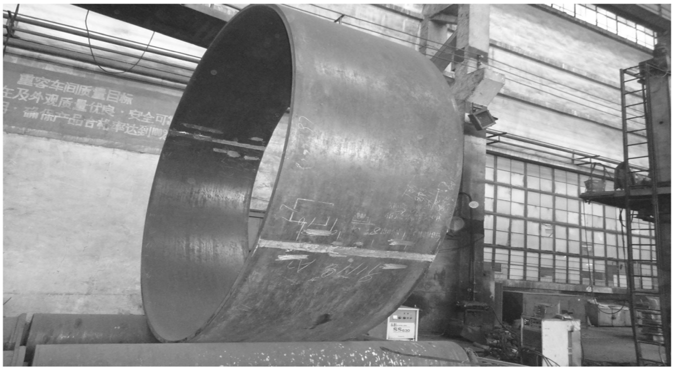


图 7-4　在滚筒式的胎架上焊接内外口

4）筒节内口焊缝可以采用自动焊进行焊接，如图 7-5 所示。焊接后再进行矫圆。

图 7-5　用埋弧焊焊接圆筒的内口

2. 特大圆筒的装配

1）直径较大的筒体（ϕ6800mm），用大型的卷板机分 4 段滚制（先加工好坡口），要用检测样板检查，使每一段弯曲的曲率相同，装配时才能将几段圆弧钢板装配成符合图样尺寸要求的圆筒。

2）在钢板上画出圆筒的装配地样（圆筒的外径），将弧形钢板的外部焊上吊耳。指挥吊车将 4 块弧形钢板按 1、2、3、4 的顺序吊起，放到所画的圆周上，如图 7-6 所示。检测后进行定位焊，第 4 块

弧形板装配时，尺寸按与1板贴合的情况实尺号料画线，将多余的金属切掉再装焊。

图7-6 特大圆筒的装配

3）定位焊完毕后，为了防止在吊运过程中出现开焊，在每条焊缝的外部各焊两小块弧形板（曲率与圆筒的曲率相同），起补强板的作用。然后用吊车将装配好的大圆筒放到胎具或转罐机上，先焊接内口，然后将补强板去掉（可用手砂轮、气割、碳弧气刨去除），焊接各条焊缝的外口。

3. 两节圆筒的立装

1）如筒节较大、同轴度要求高或板厚较小，应采用立装，借助吊车和平台进行装配。

2）将第一节筒体吊放到平台上，要找到筒节上对中的样冲眼（线图工在进行筒体下料时，已经标明每节筒节的标号及对中线，并打上样冲眼），如图7-7所示。

3）将需要对接的筒体吊放到第一节筒体之上，找正对中线并在环缝较小处焊立板定位，然后焊接几处定位焊。环缝较大的位置要焊螺旋压紧器（L形铁焊接在筒体上）进行定位，如图7-8、图7-9所示。拧紧丝杠消除错边后，进行定位焊，如图7-10所示。

4）对各处的定位焊进行加固，防止在吊运过程中焊缝开裂。然后用氧乙炔焰对立板、压紧器的L形铁进行切割，如图7-11所示。

5）利用吊车将组对好的筒节放倒（卧在地上），用钢丝绳将筒

体拴好挂在吊钩上，指挥吊车将组对好的筒体放在转罐机上，焊工对环缝的内外口进行焊接，如图 7-12 所示。

图 7-7　两节圆筒的立装

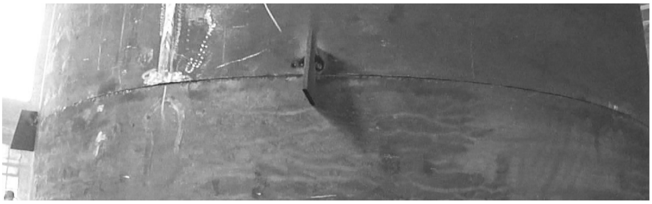


图 7-8　较小的接缝处临时焊立板定位

图 7-9　将压紧器的支架临时焊接在较大错边处

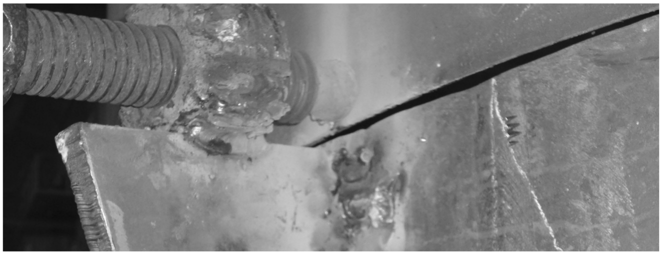


图 7-10 拧紧螺旋压紧器的丝杠消除错边

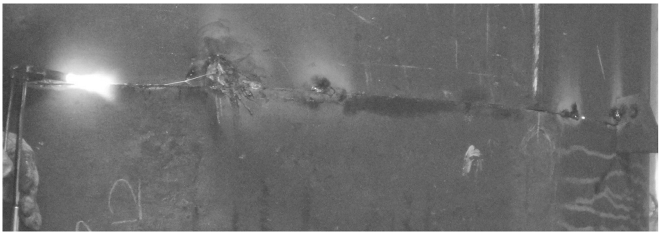


图 7-11 用氧乙炔焰切掉环缝上的压紧器和立板（定位焊以后）

图 7-12 组对定位焊后的筒节吊放到转罐机上进行焊接

4. 两节圆筒的卧装

1）当筒体的总长度达一百多米时，厂房的高度不够，无法运输，只能采用卧装，并且要分成几段进行（每段 30 ~ 40m），要透光检测同轴度，如图 7-13 所示。

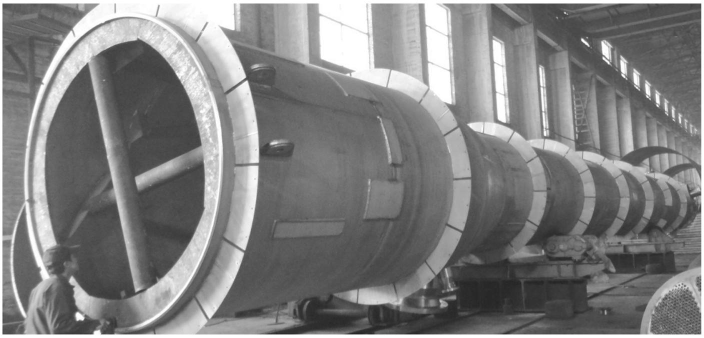


图 7-13 超长的筒体采用转罐机卧装

2）当筒体较厚或筒节的直径较大且纵向较短时采用卧装，如图 7-14 所示。滚筒底座上的电动机及减速机带着筒体旋转。若筒体的直径较小，可用火车的钢轨制作装配胎具来代替滚筒进行装配。

图 7-14 筒体的纵向短且直径较大采用卧装

3）厚壁高压容器的筒体采用卧装，如图 7-15 所示。短筒节和封头装焊成部件后，与长筒节装配。吊车将长筒节放置在转罐机上后，吊起短筒节，装配工察看环缝的坡口及错边的情况，如图 7-16 所示。指挥吊车、焊工进行配合，用撬棍和大锤调整好装配筒体的结合位置，然后用大平尺检测圆筒外壁的贴合程度，间接的检查对接筒体的同轴度。若检测合格则指挥焊工立即进行定位焊，如图 7-17 所示。

图 7-15 厚壁筒节采用卧装

图 7-16 察看环缝的坡口及错边

4）锥体封头与圆筒的装配采用卧装，复合板的锥体封头采用旋压而成，如图 7-18 所示。复合板的内部是不锈钢，采用酸洗钝化处理后，与复合板的筒体进行卧装。筒体吊放到转罐机上，锥体的上部（锥体的圆周上）焊有吊耳，吊车吊着吊耳进行锥体封头与筒体组对，如图 7-19 所示。冷作钣金工检测两者的对接环缝及同轴度均合格后，指挥焊工对环缝定位焊。待焊工完成环缝内外口的焊接以后，抛光工对筒体及锥体封头的内部进行抛光处理。

图 7-17 用大平尺检测后进行定位焊

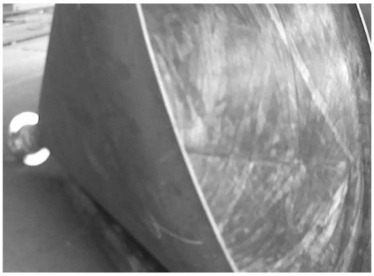


图 7-18 复合钢板旋压的锥体封头

图 7-19 锥体封头与筒体卧装（高压散装罐）

5. 特大圆锥筒的装配

1）地样装配：是将构件的装配样图按 1∶1 的实际尺寸，画到装配平台上，然后根据所画的线，用元件构成定位点，确定构件之间的相互位置。

2）这是由六瓣组成圆锥体的大型构件，它是炼油装置的底层（该装置共有三节，锥体的大口直径分别为 8m、7m、6m，每节的高度接近 3m，需要将每节分别装配加工好，然后去厂家现场实地安装，因为三节组成整体后超高，无法进行运输）。底层锥体的大口内径是

8m、小口的内径是7m，板料的厚度为100mm。将所有的板料（三层分别为6块、5块、4块，不同层瓣片的尺寸不等）加热后用油压机压制成瓣片，如图7-20所示。然后在各瓣片的小口两侧焊上吊耳（每一瓣片的重量都较大，只能用吊车配合），将瓣片的纵缝开坡口。在装配车间中选择宽敞的位置，铺上较厚的钢板当装配平台，采用地样装配法，在装配平台上画出圆锥体的俯视图的上下口线，在上口线的位置焊辅助立柱，用直尺及吊线锤检测立柱位置及垂直度，在下口线位置（圆锥体的外侧）焊辅助挡铁，如图7-21所示。

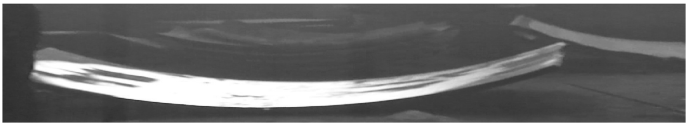


图7-20 用油压机压制出锥体的瓣片

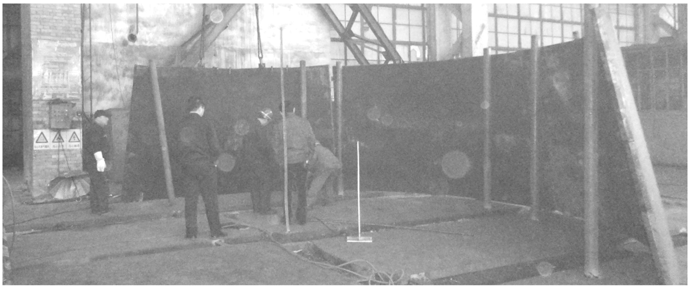


图7-21 用地样装配法装配大锥体的底层

3）指挥吊车依次将各瓣片定位，检测合格后，在瓣片的纵缝进行定位焊，并在瓣片的下部外面焊上临时支承，如图7-22所示。

4）底层的6块瓣片压制后是完全相同的，但尺寸中包含加工余量，这样最后的一块瓣片的尺寸就要比前5块小。图7-23所示是用卷尺检测缺口处瓣片对角线的尺寸，然后到第6块瓣片上画线，确定它将要切掉的余量。

5）将第6块瓣片画线后，不要马上去进行切割。需要清理场地

的杂物，检查钢板上的圆锥的接口线是否清晰。然后用钢丝绳穿过吊耳，用吊车吊起最后一块瓣片，放到缺口处，用实物号料来确定最终将要去掉的余量，如图 7-24 所示。

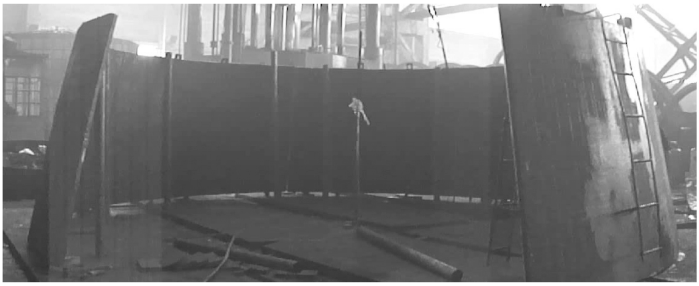


图 7-22　装配了 5 块瓣片的锥体

图 7-23　测量确定最后瓣片的尺寸及加工量

图 7-24　吊起最后的瓣片准备进行实物号料

6）瓣片吊放到缺口的位置以后，将瓣片开坡口的一端进行装配，观察接缝的情况，利用撬棍和吊车对装配的位置进行调整，如图7-25所示。

图7-25 组对最后一块瓣片的纵缝

7）瓣片合拢后，线图工在筒体内画出瓣片纵缝需要切割的余量，余量应与先前测量所画的余量相同，若不一致，要以最终的实物号料所画线为准，如图7-26所示。然后将瓣片吊到气割场地，用半自动气割机切掉余量并开出纵缝的坡口，再吊回到缺口处装配、定位焊。

图7-26 瓣片合拢后在筒体内画出需要切断的余量

8）对瓣片环缝的定位焊进行加固，防止吊运过程中焊缝开裂（圆锥外表面每条纵缝可以焊接两小块补强板），然后吊运到立式车床上加工环缝的余量及开坡口，如图7-27所示。

图 7-27 在立式数控车床上加工环缝的余量及开坡口

项目 2 聚合釜、换热器的装配

阐述说明

聚合釜是制备高分子化合物的主要设备。一般立式圆柱形高压釜带有夹套或半管，以便通入蒸汽或冷水来加热或冷却。用于乳液聚合的聚合釜内有用不锈钢制作的水平桨式搅拌器，由电动机通过传动装置和减速器传动。釜用复合钢板制造，即釜的外壁用碳钢制成，内衬不锈钢。釜的封头也有多样。换热器是将热流体的部分热量传递给冷流体的设备，又称热交换器，它应用广泛，如暖气散热片、汽轮机装置中的凝汽器、航天火箭上的油冷却器等。换热器既可是一种单独的设备，如加热器、冷却器和凝汽器等，也可以是某一工艺设备的组成部分，如氨合成塔内的热交换器。

1. 聚合釜下部内封头的装配

1）将封头扣放在地槽铁的平台上，依据图样在封头表面二次号料，确定孔的位置并打上样冲眼，如图 7-28 所示。气割工按号料的位置进行气割后，冷作钣金工准备后序的装配。

2）下部封头表面装配的 4 根支管是等高的，因此将支管的上端面定位焊到装配封头的专用胎架上（该胎架只适用于装配这种形状与尺寸的封头），如图 7-29 所示。

图 7-28 依据图样在封头表面号孔的位置

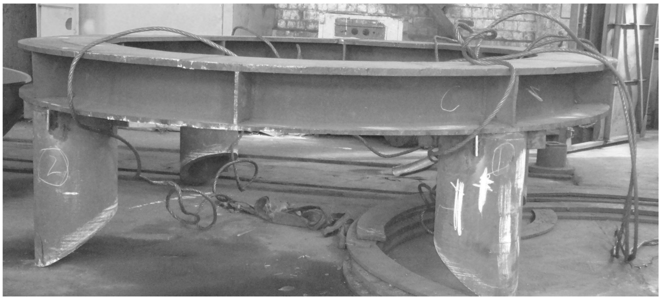


图 7-29 用下部封头的装配胎架组对支管

3）4 根支管的中心位于胎架下表面圆环两条互相垂直的直径的交叉点上，圆管与端面垂直。用钢丝绳拴好胎架后挂在吊钩上，指挥吊车将支管插入封头上的 4 个孔中。用撬棍调整管与孔的装配位置，若封头上的开孔过小，则需要用氧乙炔焰扩孔。装配时需要检测胎架上表面的水平度（封头是扣在地槽铁的平台上，若胎架的上表面与平台表面平行，则圆管就垂直平台表面），还要检测圆管的高度（因为圆管是插入封头切割后的孔中），采用间接测量方法，即将大平尺放置在胎架上表面，量取平台表面到大平尺的距离，再减去胎具的厚度，即是图样上要求的圆管高度，如图 7-30 所示。

4）当组对、定位焊、检测完成后，冷作钣金工对下部封头的装配工作基本结束，电焊工焊接圆管与封头相贯的外表面。圆管上端面

的装配胎架不能撤去，胎架既是装配时定位及测量的基准，又是焊接时的临时支承。焊接的过程中由于焊件局部受热不均匀，焊缝及焊缝附近的金属受热膨胀及冷却后收缩量不同，就会使焊件发生变形。因此当焊接件为对称结构时，需要两个焊工对称施焊（同一直径的两端），产生的变形可以互相抵消，如图 7-31 所示。

图 7-30　用胎架装配检测下部封头上的 4 根支管

图 7-31　对称焊接下部封头的支管

2. 聚合釜上封头的装配

1）将聚合釜上封头按图样号料，切割开孔后装焊封头上的法兰及半管，如图 7-32 所示。

2）将装配焊接后的圆筒放置在转罐机上，如图 7-33 所示。

3）利用吊车将聚合釜的上封头卧装到筒体上，要以筒体和封头

的外壁及端面为检测基准，检测对接环缝的错位及错边，用大平尺检测环缝装配的平直度和同轴度，如图 7-34 所示。

图 7-32 装焊聚合釜上封头的半管及法兰

图 7-33 聚合釜的筒体装配焊接好后放置在转罐机上

图 7-34 利用吊车将聚合釜的上封头卧装到筒体上

3. 筒体上装配半管

1）直径小的筒体需用两条半管围绕一周，直径大的筒体则需要6条半管才能围绕一周。

2）筒体及封头表面的半管是呈螺旋线形状排列，有利于冷却水的循环流通。

3）各圈半管的接头要交错排开，避免造成焊缝的应力集中，如图7-35所示。

图7-35 装配半管时接头要错开

4. 装配聚合釜下部外封头的密封圈

1）筒体的端面焊接端面法兰后，将下封头的内部封头装配到端面法兰内圈上。

2）将下封头的外部封头装配到筒体端面法兰外圈上，外封头的表面有五个孔，四周的四个孔套入内封头的四个进出物料的管子上，中间的大孔与内封头的人孔和机座端面相对应，内外封头存在75mm的间隙，需要密封。将密封圈装配到外部封头的孔中，密封圈的四周与外部封头接触，圈的底部与内封头接触，内外封头之间形成密封，两者之间的间隙可通入聚合釜工作时的冷却水，如图7-36所示。组对定位焊后焊接密封圈，如图7-37所示。

5. 聚合釜搅拌桨叶的装配

1）聚合釜在工作时送入釜内的物料需要进行搅拌，因此聚合釜内要安装搅拌桨，搅拌桨叶（三叶式）在旋转轴的带动下搅拌物料。为了提高搅拌的效率，有些旋转轴上的桨叶是双套的。

图 7-36　装配聚合釜下部外封头密封圈

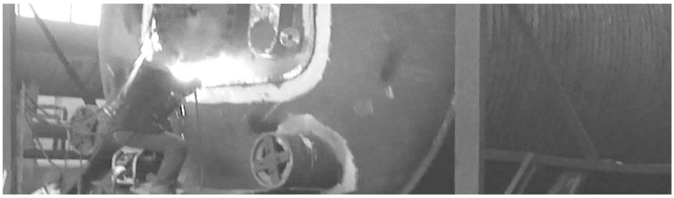


图 7-37　装配后焊接密封圈

2）先用两块不锈钢板滚弯出所需要的弧形，然后组对，两板的两侧有弧形的半圆弧板，中间有立板作支承，以增加桨叶的强度及刚度，如图 7-38 所示。将三片桨叶按图样的要求装焊到轴套上，如图 7-39所示。完成螺旋桨叶的制造。

6. 聚合釜搅拌轴的加工

1）搅拌轴装配好法兰的端面，用车床按图样精加工端面圆周。

2）用吊车将搅拌轴放置到铣床的工作台上，（因为轴太长）在工作台的外部加装了临时支承，用压板将轴装夹好，用铣刀在轴上铣键槽（键槽与轴套之间用键相连），如图 7-40 所示。

7. 聚合釜搅拌轴与桨叶的装配

1）聚合釜内要装配四根进出料管、旋转轴、双套搅拌桨叶等，这些部件较长，重量大，装配时需要采用立装。将聚合釜用吊车吊

起，下部（有电动机的一端）立放到装配的地坑之中，把可以移动的举升架平台放置在釜体的上封头，如图 7-41 所示。

图 7-38　单片聚合釜的搅拌桨叶

图 7-39　三片装焊到轴套上的螺旋桨叶

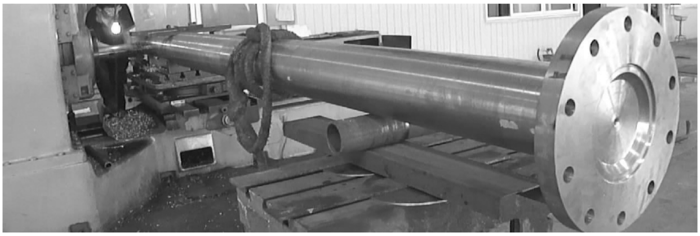


图 7-40　在铣床上给搅拌轴铣键槽

图 7-41 聚合釜立于坑中并在上部放好装配平台

2）准备好绳梯及照明灯，装配钳工下到釜内，把固定料管用的角钢附件、螺栓、螺母、装配用的木板、工具等，堆放在安装平台上。

3）平台上的人员从上部封头的人孔向釜内送入木板、钢管、铁丝等，釜内的钳工用这些材料搭起几层跳板（视釜的高度而定），然后指挥吊车吊起旋转轴、进出料管、螺旋桨叶，一一的从人孔送入釜中。为防止装配过程中划伤工件的表面（已经抛光），在旋转轴、进出料管、螺旋桨叶的表面包裹了一层黑色的保护膜，如图 7-42 所示。

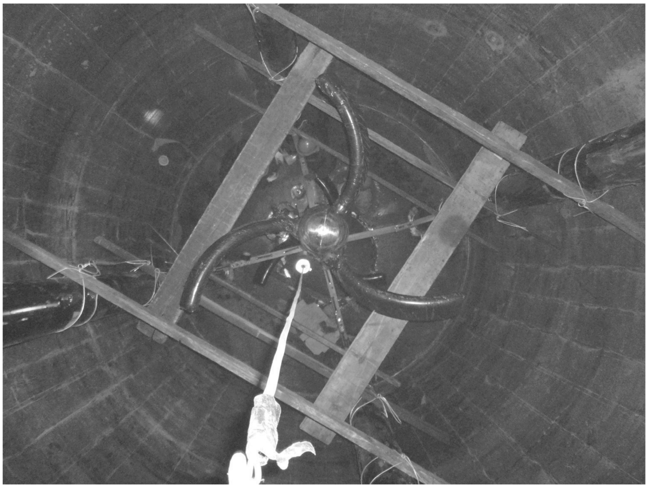


图 7-42 在聚合釜内装配旋转轴与螺旋桨叶

8. 换热器的装配

（1）简单换热器的装配

1）将换热器两端的端板钻孔、穿管，管头与端板焊接，如图7-43所示。

图7-43 换热器的端盖穿管并焊接

2）端板上扣上与之形状相对应的端头，端头的中间上部开出圆孔，用氩弧焊焊接管接头（管接头的上面焊有法兰，使用时与管道上的阀门进行对接），如图7-44所示。

图7-44 用氩弧焊焊接端头与接管

（2）管壳式换热器的装配

1）换热器内管子从筒体内的中间隔板孔穿入，从一端的端板孔

中穿出，露出一截管头，这是为向另一面的端板穿孔做准备，如图7-45所示。

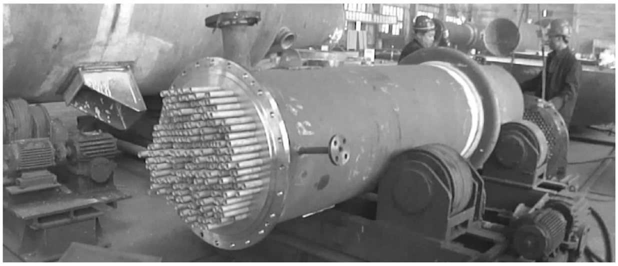


图7-45 换热器的中间隔板及一侧端板穿管完毕

2）用钢筋和钢丝绳拴好端板，指挥吊车将端板吊到筒体的端面前固定不动，起动转罐机转动到的需要的装配位置，如图7-46所示。

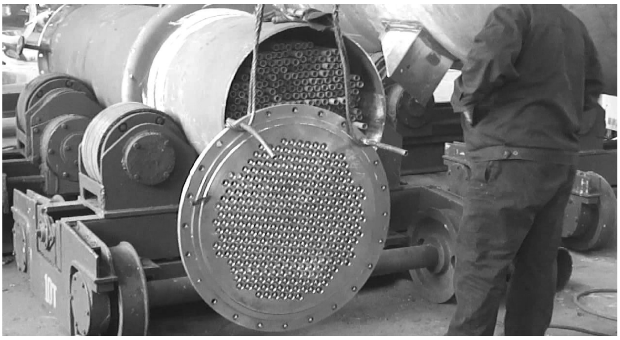


图7-46 拴挂好另一面的端板准备进行反向穿管

3）用粗布沾油擦洗端面上的孔，既清除孔内的铁屑又使孔变得光滑，便于后序顺利的穿管，如图7-47所示。

4）管子穿过端板的孔后，将管头多余的部分去掉（管子超出端面3~5mm）。然后进行管头与端板的焊接。待两面的端板焊接后进行气压试验，检测焊缝是否有气孔，如图7-48所示。最后在筒体的两端安装半球形的封头（封头上装焊好主管道及支流的法兰），如图7-49所示。

图 7-47 用洗油清除孔内的铁屑准备穿管

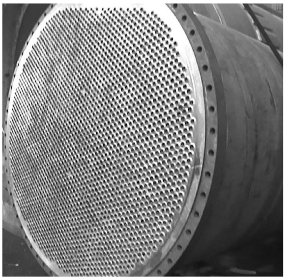


图 7-48 进行管间气压试验

图 7-49 筒体的两端装配球形封头

（3）组合型换热器

1）装配焊接换热器的端头。图 7-50 所示是两个换热器的端头，每个端头是由封头 + 筒体 + 法兰组成（之所以将两个端头用管子焊在一起，是为了使它们放到转罐机上保持平衡）。焊工对封头与筒体、筒体与法兰之间的内外口环缝进行焊接。最后要把管子切掉，修磨封头顶部的焊疤。

2）安装下部筒体上的裙座。下部筒体上要安装四个裙座，两个与地面接触，另两个与上筒体的裙座对接。在筒体上裙座相对应的位置先焊好补强板，按图样上的位置及尺寸要求将裙座装配好，如图 7-51 所示。

3）装焊接好筒体上的支管及支管上的法兰，将下面换热器的端头法兰与筒体法兰用螺栓联接，再将两换热器的裙座装焊到一起。上下三通管的端面法兰用螺栓联接，并将下部端头上部的孔加工好，如

图 7-52 所示。

图 7-50　装焊换热器的端头（双端头便于焊接）

图 7-51　在换热器的筒体上装配裙座

4）将上面换热器一个端头的支管法兰，与下面换热器支管法兰连接。指挥吊车将两个法兰盘的孔眼对正，穿上一根螺栓临时定位，防止两法兰盘移动位置。在两法兰之间放入密封衬垫，衬垫上的孔与法兰孔对正。在孔中插入螺栓，撤出临时定位螺栓，直至将所有的螺栓穿好拧紧，如图 7-53 所示。

图 7-52　连接端面法兰及以裙座为基准装配换热器的筒体

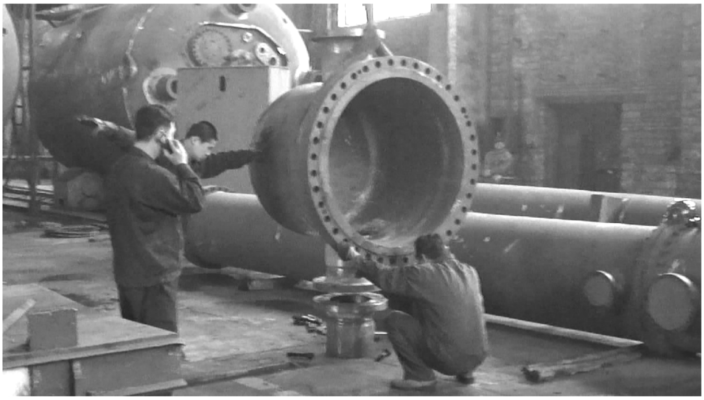


图 7-53　装配换热器端头的支管法兰

5）用吊车吊起上面换热器的端头（已连接好下端头的法兰及支管），进行两换热器的组对。上端头的端面法兰要与上筒体的法兰组对（两者之间要加入密封垫），端头下部的支管插入下面端头的孔中。需要检测上下两换热器轴线的平行度、支管的轴心与两换热器轴线的垂直度、上面换热器的端头法兰与筒体法兰装配的平面度，如图 7-54 所示。

6）检查装配的位置，用撬棍撬动两法兰端面，准备在之间加密封衬垫，如图 7-55 所示。

图 7-54 装配上面换热器的端面法兰及下端头的支管

图 7-55 撬动两法兰端面准备在之间加密封衬垫

7）如果经过调试，仍然不能在两法兰端面之间加衬垫，就要用氧乙炔焰对换热器下部端头进行扩孔，以便能顺利地在法兰端面加装密封衬垫，如图 7-56 所示。

（4）U 形管芯换热器

1）对于换热器的端板及内部隔板，为了减轻重量，将内部的隔板分成三部分，上下两部分仍然在同一平面内，中部自成一组隔板，这样隔板的数量就减少为原来的一半。先用八根直径大的钢管将隔板和端板连接成一体，组成换热器的内部框架，如图 7-57 所示。

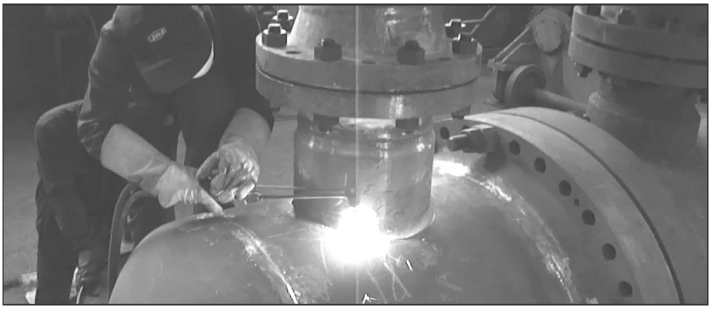


图 7-56 对下端头扩孔（便于调整安装上端头与法兰间的密封垫）

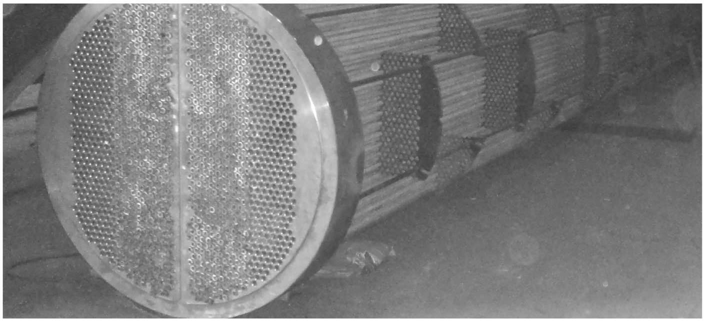


图 7-57 U 形管芯换热器的端板和隔板

2）然后将弯曲的 U 形不锈钢管由一端穿入，两个管头要穿出另一端的端板表面。用圆锥头的穿管工具分别插入管子的两端，两人同步向前走动穿管，当圆锥头穿出端面后，用手中的小钢板将穿管工具取出，管头要切割（留 3 ~ 5mm）后与端面焊接，如图 7-58 所示。

图 7-58 U 形不锈钢管端插上穿管的圆锥

3）穿管遇到阻力时，用木锤敲击 U 形管的后部（防止打出锤痕），如图 7-59 所示。

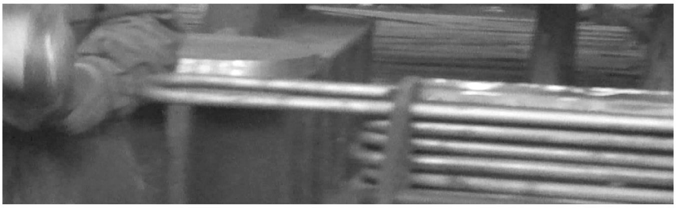


图 7-59 锤击 U 形管的后部进行穿管

4）换热器内部框架上需要穿大量的 U 形管。这是穿入部分 U 形管的情景，如图 7-60 所示。

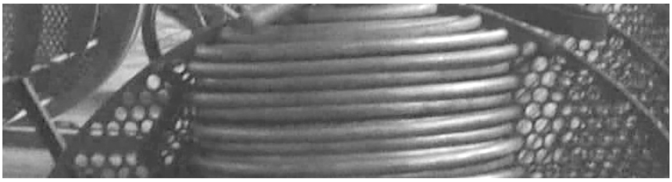


图 7-60 换热器内部框架上穿入部分 U 形管的情景

5）将换热器的管芯装入壳体之中，用吊带吊着管子，使管子处于水平位置。在换热器的隔板上焊接吊耳，挂上手拉葫芦，如图 7-61所示。

图 7-61 将换热器的隔板上焊上吊耳

6）在壳体的法兰孔上穿入螺栓，将钢丝绳的一端拴在该螺栓上，另一端与手拉葫芦相连，手拉葫芦的吊钩挂在吊耳上，如图7-62所示。

图7-62　在换热器的法兰上穿入螺栓并挂好手拉葫芦

7）图7-63所示是手拉葫芦分别与端板和筒体法兰上的螺栓连接（管芯的两侧均有手拉葫芦，这样装配时保持管芯不歪扭），拉动起重链条，将管芯装入壳体。

图7-63　手拉葫芦装配管芯的连接情况

项目3　电动机机座的装配

阐述说明

大型机械的底座与机架广泛采用钢板的组合式结构，并全部用

钢板装焊而成。图7-64所示为典型的电动机机座（传动减速箱底座），底座的A平面安装电动机，B平面安装减速箱，底座的底平面C安装在基础上。按图样的要求，A、B、C三平面装焊后都需要进行切削加工。为此整个底座装焊后要求表面平整，并留有一定的加工余量。制作电动机机座是冷作加工专业的学生进行实训的典型项目之一。

1. 分析图样研究装配要点

1）图7-64的A、B平面间高度尺寸为125mm，由切削加工保证；A面与C面间高度270mm，由件3、7、11垂直板（肋板）的高度尺寸保证；B面与C面间高度尺寸145mm，由件5、8、9垂直板（肋板）的高度尺寸保证。因此同一高度的各垂直板尺寸在下料、切割时应一致。为了确保正常的切削加工，应把底座的焊接变形控制在允许的最小范围内，分段进行装配焊接。

2）按图样的子号逐个核对11种钢板的尺寸及数量（已加工完毕），如图7-65所示。

2. 确定装配步骤

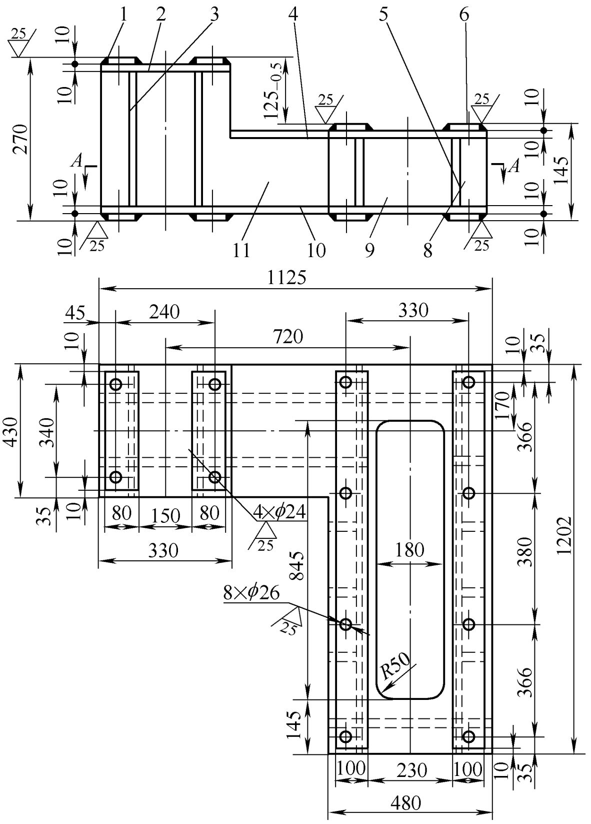
1）在底板（下盖板）10（1块，10mm×1125mm×1202mm）上按图样的尺寸要求画出3、5、7、8、9、11各肋板的装配位置，如图7-66所示。

2）在底板（下盖板）10上按所画的位置线装配立板（肋板）5（2块，6mm×105mm×1202mm）、立板（肋板）9（2块，6mm×104mm×260mm）、肋板8（10块，6mm×104mm×105mm），如图7-67所示。

3）装配立板（肋板）7（2块，6mm×190mm×230mm）、立板（肋板）11（2块，6mm×230mm×749mm）、肋板3（4块，6mm×104mm×230mm），如图7-68所示。要检测各板与底板的垂直度。

4）在面板（上盖板）4（1块，10mm×795mm×1202mm）上画出3、5、8、9各肋板的位置线，如图7-69所示。然后按图样要求装配到机座上（可以采用倒装），检测后定位焊，如图7-70所示。

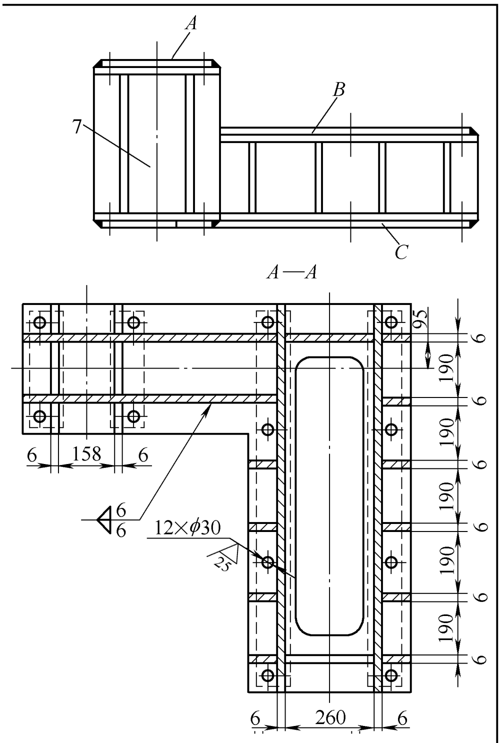
5）将面板（上盖板）2（1块，10mm×330mm×430mm）盖到立



技术要求

1. 未注焊缝符号的焊缝按已注出的焊缝符号标准执行。
2. 肋板与下盖板应先行组装并焊接好后，再组装上盖板。
3. 所有孔均为通孔，并在焊后加工。

图 7-64　电动机机



序号	名称	件数	材料	备注
11	肋板	2	Q235	δ= 5
10	下盖板	1	Q235	δ=10
9	肋板	2	Q235	δ= 6
8	肋板	10	Q235	δ= 6
7	肋板	2	Q235	δ= 6
6	加强板	4	Q235	δ=10
5	肋板	2	Q235	δ= 6
4	上盖板(2)	1	Q235	δ=10
3	肋板	4	Q235	δ= 6
2	上盖板(1)	1	Q235	δ=10
1	加强板	4	Q235	δ=10
序号	名称	件数	材料	备注
制图				
描图				型钢组合小梁
审核				

座（传动减速箱底座）

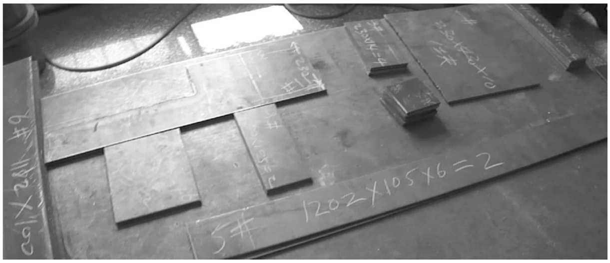


图 7-65　按图样核核对钢板的数量和尺寸

图 7-66　底板按图样画好装配位置线

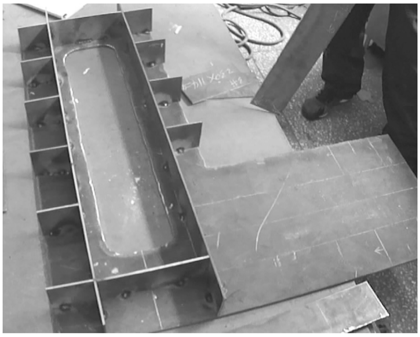


图 7-67　按线装配立板（肋板）5、9 和肋板 8

图 7-68 按线装配立板（肋板）7、11 和肋板 3

图 7-69 在面板（上盖板）4 上画出装配线

图 7-70 将面板（上盖板）4 盖到 3、5、8、9 板（肋板）的立面上

板（肋板）7、11 及肋板 3 上，如图 7-71 所示。将垫板（加强板）1（4 块，16mm×80mm×410mm）、垫板（加强板）6（4 块，16mm×100mm×1182mm）装配到面板及底板上，检测后进行定位焊，如图 7-72 所示。

图 7-71　将面板（上盖板）2 盖到立板（肋板）3、7、11 的立面上

图 7-72　将垫板（加强板）1、6 装配到面板及底板上

6）焊接、机加工、修磨、钻孔、喷漆，完成电动机机座的装配，如图 7-73 所示。

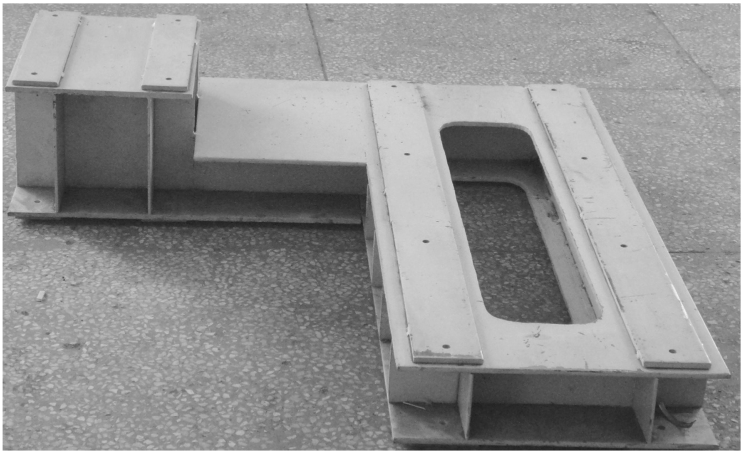


图 7-73 装焊喷漆后的电动机机座

项目4 煤气管道支架的装配

阐述说明

在模块3项目3中，我们已经进行了煤气管道支架的实尺放样、号料、剪切，后面的问题是如何确定装配的方法及装配顺序。支架类构件的装配是学生实训的典型项目之一。

1. 分析图样，研究装配要点

1）分析图样7-74，明确各工件在图样中的位置及相互关系。煤气管道支架制作的关键是保证四根立柱（序号1的圆管）的尺寸及位置（四根圆管的轴线在俯视图的投影构成500mm×400mm的长方形），了解立柱上的各板与立柱轴线的关系，保证角钢与连接板搭接的长度不小于30mm即可。因此解决四根ϕ60mm的圆管与连接板的装配后，其他问题就会迎刃而解。

2）复核切割后各板的尺寸，如图7-75所示。准备进行后序的装配。

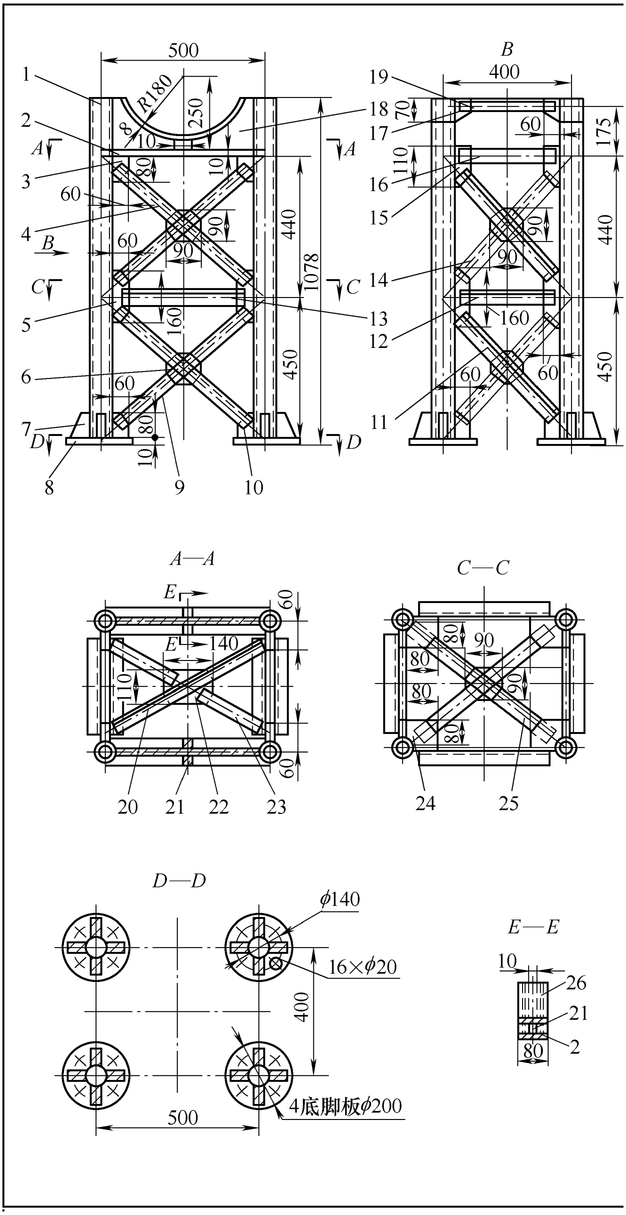

500
R180
250
8
10
10
80
60
60
90
90
440
1078
160
450
60
80
10
A
B
C
D
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
13
18
B
400
70
60
175
110
90
90
160
60
60
11
12
14
15
16
17
19
A—A
E
140
110
60
60
20
21
22
23
C—C
80
90
80
80
90
80
24
25
D—D
ϕ140
16×ϕ20
400
500
4底脚板ϕ200
E—E
10
26
21
2
80

图 7-74 煤气管

技术要求

1. 装配时全部手工电弧焊接。
2. R180圆弧托板的圆心相对于轴线的偏心不得超过2mm。
3. 各搭铁焊缝长度不得小于30mm。
4. 工件表面涂防锈漆两遍。

26	圆弧托板	2	Q235	钢板δ=8
25	水平斜杆	2	Q235	角钢45×5
24	连接板	4	Q235	钢板δ=8
23	水平斜杆	2	Q235	角钢45×5
22	衬板	1	Q235	钢板δ=8
21	加强板	4	Q235	钢板δ=10
20	水平斜杆	1	Q235	角钢45×5
19	侧平杆	4	Q235	角钢45×5
18	支承板	2	Q235	钢板δ=10
17	连接板	4	Q235	钢板δ=8
16	侧平杆	4	Q235	角钢45×5
15	连接板	2	Q235	钢板δ=8
14	侧斜杆	4	Q235	角钢45×5
13	正平杆	2	Q235	角钢45×5
12	侧平杆	2	Q235	角钢45×5
11	侧斜杆	4	Q235	角钢45×5
10	底脚连接板	8	Q235	钢板δ=8
9	斜杆	4	Q235	角钢45×5
8	底脚板	4	Q235	钢板δ=10
7	底脚肋板	8	Q235	钢板δ=8
6	衬板	8	Q235	钢板δ=8
5	连接板	8	Q235	钢板δ=8
4	斜杆	4	Q235	角钢45×5
3	连接板	4	Q235	钢板δ=8
2	托板	2	Q235	钢板δ=10
1	立柱	4	Q235	钢管φ=60
序号	名称	数量	材料	备注

煤气管道支架			比例	1:10	
描图			质量		共1张 第1张
描图					
审核					

道支架

图 7-75　准备进行装配的部分板料

2. 采用划线装配与地样装配相结合的方法进行装配

1）在四根 ϕ60mm 的圆管上按图样的尺寸画出连接板位置，装焊好连接板，如图 7-76 所示。

图 7-76　将管子的中部装焊好连接板

2）在地脚板上号出圆管的位置后，将四根圆管的下端按划线的位置装配到地脚板上，检测管与板的垂直度后进行定位焊。

3）在平台上画出煤气管道支架的装配地样（按 1∶1 的比例在平台上画出支架的俯视图），将地脚板（已经钻孔完毕）与管子的连接件放置到地样上，检测后装焊支架上中部位置的横拉杆角钢，如图 7-77所示。

4）连接横拉杆角钢以后，要检测圆管轴心线的距离，如图 7-78 所示，若有偏差则进行修正。然后装配底角板的肋板及连接板，要对称地进行定位焊，避免焊接变形。再装配管子上部的托板及支承板，此时管道支架已初步成形。复核各处的尺寸以后，将支架卧放在平台

上，装配各平面上的斜拉杆及拉杆中间的衬板。

图 7-77 按地样装配支架的横拉杆角钢

图 7-78 检测圆管轴心线的距离

5）管道支架装焊后，检测各部分的尺寸、位置、垂直度、平行度。确定装配连接无误后，按顺序（对称）对连接的部位进行焊接，如图 7-79 所示。对焊接后的角钢进行修磨、除锈、涂装（防锈漆、面漆），完成煤气管道支架的制作，如图 7-80 所示。

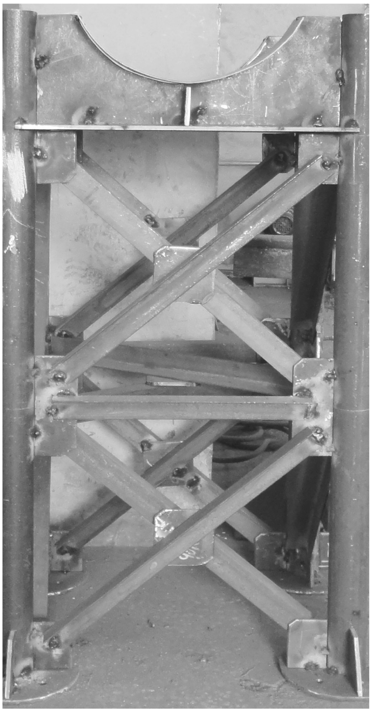


图 7-79　连接后的管道支架

图 7-80　修磨及涂装后的管道支架

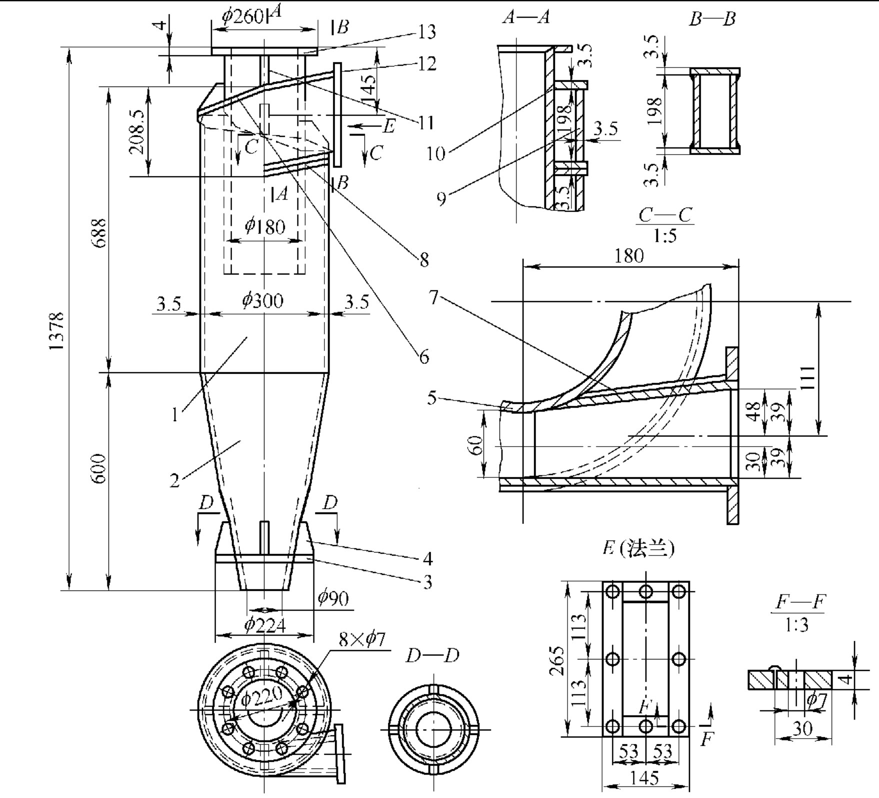
项目 5　筒形除尘器筒体的装配

阐述说明

筒形旋风除尘器，是一个比较复杂的板壳结构，此结构的各部件多为曲面形状，而且圆管、圆锥管的纵缝又必须先对接好，所以装配时应采用部件装配，再进行总装的方法。这是冷作加工专业学生的实训项目之一。

1. 分析图样，研究装配要点

1）筒形旋风除尘器壳体的尺寸及技术要求，如图 7-81 所示。



技术要求

1. 组装时全部用焊条电弧焊接。
2. 圆锥管支承法兰3和圆锥管肋板4可在除尘器与集灰斗组装时再进行焊接。
3. 筒体轴线与排出管和圆锥管下口间的偏心不得超过2mm。
4. 筒体内表面涂红丹防锈漆一遍，外表面涂红丹防锈漆一遍、灰色漆二遍。

序号	名称	件数	材料	备注
13	排出管法兰	1	Q235	钢板δ=4
12	进口法兰	1	Q235	扁钢30×4
11	连接板	4	Q235	钢板δ=5
10	顶壁	1	Q235	钢板δ=3.5
9	前壁	1	Q235	钢板δ=3.5
8	底壁	1	Q235	钢板δ=3.5
7	后壁	1	Q235	钢板δ=3.5
6	螺旋盖	1	Q235	钢板δ=3.5
5	排出管	1	Q235	钢板δ=3.5
4	圆锥管肋板	4	Q235	钢板δ=5
3	圆锥管支承法兰	1	Q235	钢板δ=4
2	圆锥管	1	Q235	钢板δ=3.5
1	圆管	1	Q235	钢板δ=3.5

筒形旋风除尘器 右旋转φ300筒体总图		比例	1:15	06－00
		件数		
制图		重量		共1张 第1张
描图		(厂名)		
审核				

图 7-81 筒形旋风除尘器壳体

2）图样上零件的序号有13个，序号1的圆管作出展开图后，进行号料、切割、滚圆后，装焊纵缝。序号6的螺旋盖焊接到圆管的内部，序号1与序号6组成一个部件。

3）序号2、序号3、序号4分别是圆锥管、圆锥管支承法兰、圆锥管肋板（4块），三者组成一个部件。

4）序号5、序号11、序号13分别是排出管、连接板（4块）、排出管法兰，三者组成一个部件。

5）序号7、序号8、序号9、序号10、序号12分别是后壁、底壁、前壁、顶壁、进口法兰，这五个零件组成一个部件。

2. 按部件进行总装

1）在装配平台上检测圆锥管的大小口的平面度，如图7-82所示。将圆锥管、圆锥管支承法兰装焊到一起，检测法兰端面与圆锥轴线的垂直度，如图7-83所示。

图7-82　检测圆锥大小口的平面度

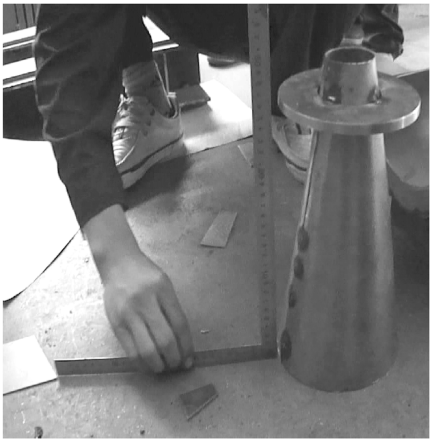


图7-83　检测法兰端面与圆锥轴线的垂直度

2）将螺旋盖装配到筒体上，要用直角尺检查螺旋盖与圆筒的垂直度，并进行矫正，如图7-84所示。也可以在排出管上画出螺旋线，将螺旋盖装焊到排出管上。

3）将圆锥管倒立在平台上，圆管的下口放到圆锥的大口上进行

对接，察看对接环缝间隙的大小并进行矫正。检测环缝合格后，压住圆筒的上端对环缝进行定位焊，使圆筒与圆锥成为一体的部件，如图7-85所示。然后把这个部件卧放到平台上进行矫正与焊接（立放时环缝是横焊缝，卧放后焊缝为平焊缝，焊接的效率高而且质量好）。

图7-84　圆筒与法兰盖装配

图7-85　圆筒与圆锥进行装配焊接

4）在平台上采用划线定位拼装方法兰。拼装方管的各板检测修磨好，准备进行装配，如图7-86所示。装配方管时要检测各板的垂直度，方管要与方法兰装焊到一起，图7-87是装配了3块板的方法兰（装上最后一块板后，再装焊方法兰）。

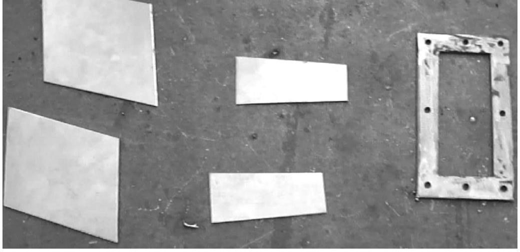


图7-86　装配好的方法兰及准备装配的进口方管

图7-87　装配完3块板的方管

5）将排出管与法兰装焊好，如图 7-88 所示。然后将其装入圆筒之中，如图 7-89 所示。

图 7-88　排出管与法兰装焊

图 7-89　排出管装入圆筒中检测尺寸后定位焊

6）将方管与方法兰拼装后，装配到筒体上，方管的前壁与圆筒连接，后壁与排出管连接，上壁与螺旋盖上部连接，下壁与螺旋盖的下部连接，如图 7-90 所示。然后装配圆锥管的肋板、排出管的连接板，如图 7-91 所示。完成工件的制作。

图 7-90　将方管装配到螺旋盖与筒体上

图 7-91　装配完毕的除尘器筒体

项目6 换热器部件的装配

阐述说明

换热器由两个进口管、两个出口管、一个箱体、一个工艺管组成。装配此部件的方法不复杂，难点在于分析尺寸和进行各部件的展开放样，它综合运用了前面模块1项目3中线段求实长、形体表面的平行线法、三角形法展开。因此需要仔细地分析加工和装配步骤，相当于进行识图及展开放样的综合练习。学生在实习时可以使用1.5～2mm的钢板，比例可采用1∶2，这样会便于学生的制作加工。该工件的制作是冷作加工专业学生综合练习项目之一。

1. 换热器部件

(1) 换热器部件的尺寸及技术要求

如图7-92所示。

(2) 加工工序及工艺分析如下

1) 进口管与出口管：放样→展开→号料→切割→矫正→手工成形→焊接→修形。

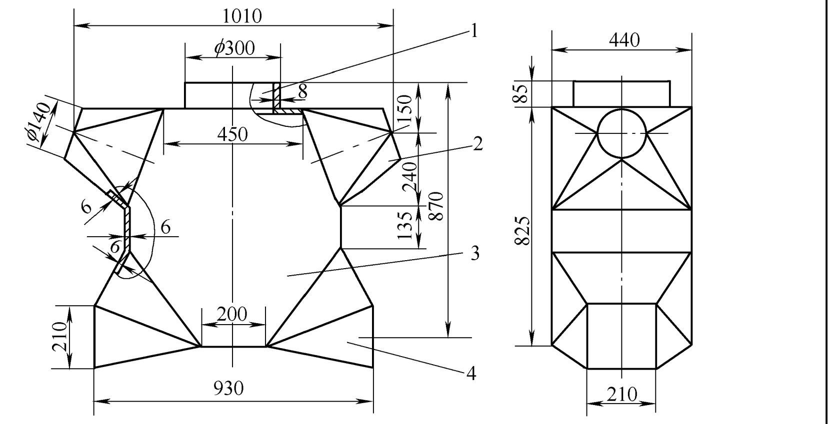
2) 箱体：放样→号料→切割→矫正→手工成形→焊接→修形。

3) 工艺管：算料→号料→剪切→矫正→手工成形→焊接→修形。

4) 将两个进口管与箱体装配后进行定位焊，两个出口管与箱体装配后进行定位焊，工艺管与箱体装配后进行定位焊。按图样检测各部分尺寸符合要求后，采用对称顺序焊接以减小焊接变形，总装后要检验、修形、涂装，完成部件的制作。

2. 主要加工和装配步骤

1) 分析图样7-92可知，顶部工艺管1与水平面垂直，主视图的高度反映实长。依据板厚处理原则，圆筒展开按中性层计算，其展开图是宽85mm，长917mm（292mm×π）的矩形，形状简单只需记下数据直接号料。



技术要求

1. 总装后仅施以定位焊，便进行装配质量的全面检验。
2. 各部件装配后，要进行焊接、矫正，再进行总装。
3. 各装配尺寸偏差不超过±2mm。

序号	名称	件数	材料	备注
4	出口管	2	Q235	钢板δ=6
3	箱体	1	Q235	钢板δ=6
2	进口管	2	Q235	钢板δ=6
1	工艺管	1	Q235	钢板δ=8
换热器		比例		
		数量		
制图				
描图				
审核				

图 7-92　换热器部件

2）箱体 3 处于正平面位置，其主视图投影反映实形。箱体前面上部的两条斜线（正平线）是这样得到的：画出 450mm、85mm、150mm、1010mm 4 个尺寸得到进口管圆口最前点。最前点与 450mm 尺寸近端相连得三角形一边的长度。利用这一边长度、进口管圆口最前点、240mm 尺寸得出交点（得对称的另一边），从而得到进口管矩形方口的短边长度，也就是箱体前面上部的两条斜线。用 135mm、200mm，825mm 和箱体前面上部斜线的端点求得箱体下部的两条斜线。出口管主视图用 870mm（标注在 210mm 的中点）、210mm、930mm 三个尺寸得到。

3）箱体的宽度为 440mm（侧面的宽度），可以画在箱体前面的放样图上。这样箱体前面的放样图就比其主视图多出四部分，即上边

多出 450mm×440mm、下边多出 200mm×440mm、左边多出 135mm×440mm、右边多出 135mm×440mm。在上边多出 450mm×440mm 的部分画出工艺管 ϕ300mm 的位置，作出箱体前后两面的展开图，再利用展开图得箱体前后两面的号料样板，如图 7-93 所示。然后利用号料样板到钢板上进行号料，如图 7-94 所示。

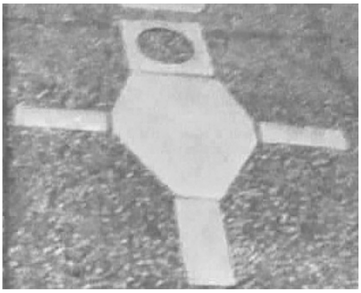


图 7-93 箱体的号料样板

图 7-94 用箱体的号料样板进行号料

4）进口管 2 有两个，左右对称，实质是两个矩形圆方过渡接头（天圆地方），圆的直径是 160mm、矩形的一边长是 440mm，另一边是箱体前面的上部斜线。过交点（长度为 1010mm、高度为 150mm），作上部斜线的平行线（矩形圆方过渡接头的上下口平行），以交点为基准两边各量取 80mm，则画出了进口管的主视图及左视图上部。将圆周 12 等分，各等分点与矩形的各角连接，把过渡接头表面划分为 16 个三角形（12 个小曲面，4 个平面）。依据主左两视图用直角三角形法求各线段的实长（用线段在一个视图中的投影作一直角边，用线段在另外两视图中遵循的投影规律为另一直角边，斜边即为实长），然后用实长作出各三角形，依次连接即得进口管展开图和号料样板。用样板在钢板上进行号料，如图 7-95 所示。然后利用上下剋子按所画的线对板料剋切，如图 7-96 所示。加工后的进口管，如图 7-97所示。

5）出口管 2 有两个，左右对称。每个出口管由六个平面组成，前后各有两个平面都是一般位置面，上下两个平面都是正垂面。出口管在左视图的水平位置有两条 440mm、两条 210mm 的线段是正垂线、

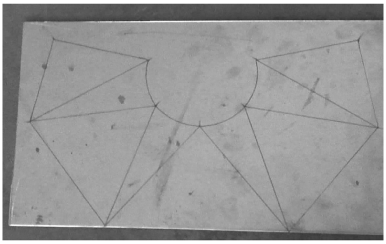


图 7-95　在钢板上号出进口管

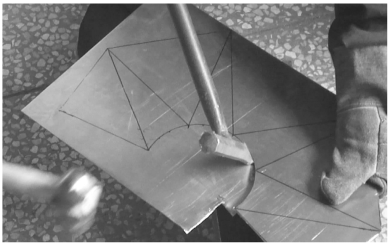


图 7-96　剋切进口管板料

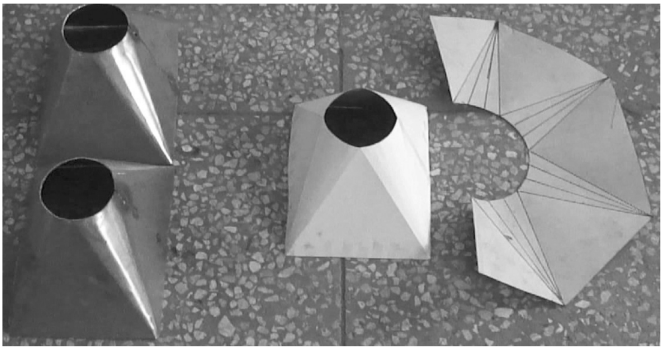


图 7-97　进口管的展开样板及制作完成的进口管

竖直位置的两条 210mm 的线段是铅垂线，即有六条线段反映实长，其他四条线段均为一般位置，不是实长。将出口管的六个平面划分为八个三角形（上下各划分两个，其余的四个依旧），这样不反映实长的线段为六条（上下是梯形面，划分成三角形后各增加一条线段），仍然用直角三角形法（求各线段的实长的万能方法，应该熟练掌握）求出各线段的实长，（用线段在一个视图中的投影作一直角边，用线段在另外两视图中遵循的投影规律为另一直角边，斜边即为实长）。然后用实长依次连接各三角形得出口管展开图，如图 7-98 所示。

6）用号料样板在钢板上号出箱体（前后板不一样，且前板上要号出 ϕ300mm 的工艺管位置），考虑进口管（号两个）、出口管（号两个）的位置，工艺管则用数据直接在板料上号出矩形，剋切后在圆管上弯曲成形，如图 7-99 所示。然后与箱体的上部装焊在一起，

如图 7-100 所示。

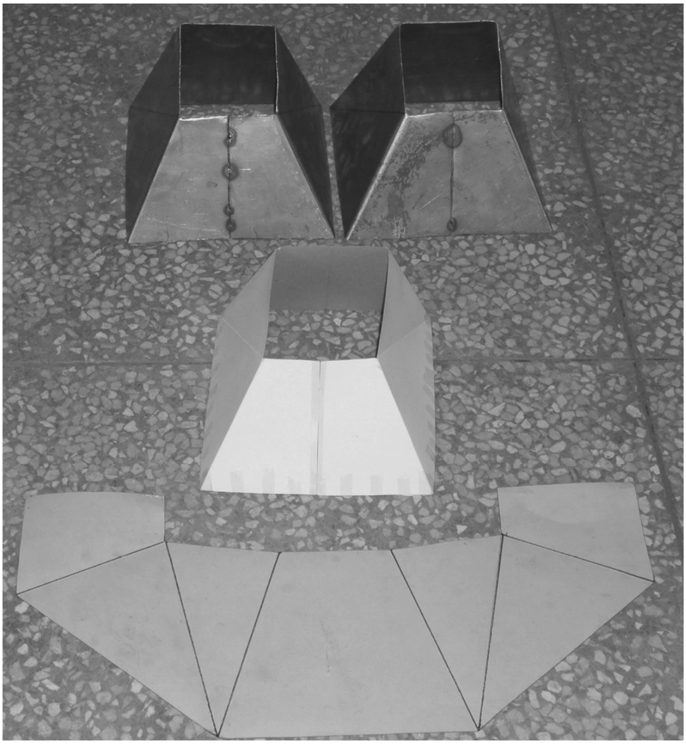


图 7-98　出口管的展开样板及制作完成的出口管

图 7-99　弯曲工艺管

图 7-100　工艺管与箱体上部装焊一起

7）工艺管和箱体的后面用剪切落料，箱体的前面及出口管用剪切和气割落料。

8）将前板放在平台上，用氧乙炔焰加热画好的弯曲位置（比后板多出的四部分），利用胎具把多出的四部分弯曲 90°（弯曲后与前板垂直），如图 7-101 所示。

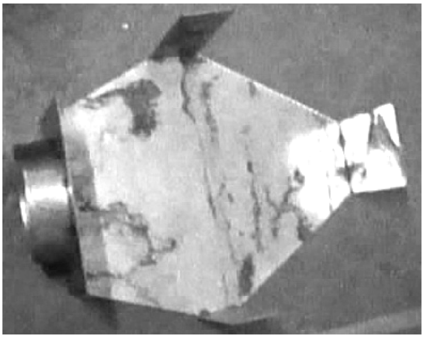


图 7-101　在平台上卧装箱体

9）在平台上利用工、量、夹具卧装前后板成箱体（与使用时位置相差 90°），检测尺寸及位置后定位焊。

10）将箱体立在平台上，装配两个进口管及两个出口管，检测尺寸及位置后定位焊，如图 7-102 所示。

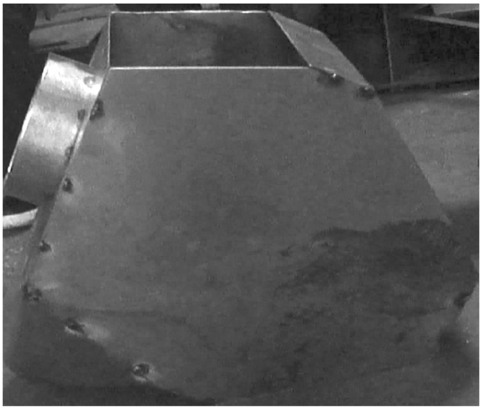


图 7-102　装配两个进口管

11）正装（与使用时位置相同）各零件，检查尺寸及位置后定位焊。

12）整体检测工件的各部分尺寸，如图7-103所示。采用对称焊接减小焊接变形。在焊接过程中要翻转工件，使焊缝处于平焊位置，这样容易得到优良的焊缝，保证焊接质量。

13）焊接后要检测各部分的尺寸，对焊接产生的变形进行火焰矫正。工件整体修磨、除锈、喷防锈漆、喷面漆，完成工件的制作，如图7-104所示。

图7-103 检测工件各部分的尺寸

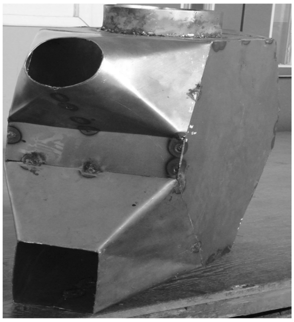


图7-104 装焊完毕的工件

模块8　冷作钣金加工的相关知识

阐述说明

冷作钣金工与其他工种相配合，才能制造出多种多样合格的产品。这些工种分别是气割工、电焊工、钳工、车工等。在模块4的项目2、模块5的项目5中已经介绍了气割工知识，本模块将介绍一点电焊工及钳工所使用的设备、工具和操作实例。掌握减小焊接变形的措施和方法以后，才能保证装焊后的工件变形小、产品符合图样的要求。

项目1　焊条电弧焊

1. 焊接的定义

通过加热、加压或两者并用，把两个分离的金属接头局部熔化、填充、凝固后达到原子（分子）间结合，获得永久牢固整体的连接方法。

2. 焊接的种类

常用的焊接方法主要有熔焊（电弧焊）、压焊和钎焊。

3. 焊条电弧焊简介

1）定义：利用电弧热使焊条和焊件互相熔化，冷却后成为焊缝，从而获得牢固接头的焊接过程称为焊条电弧焊。

2）特点：设备简单，操作灵活、方便，适合各种条件下的焊接。

3）原理：焊条和工件作为两个电极，焊机提供电源，电弧热使焊条和工件同时熔化，熔化的金属在电弧的吹力下形成熔池（凹坑）。焊条的熔滴借助重力和电弧的吹力，掉到熔池里。药皮在电弧的吹力的搅拌下，发生冶炼反应。反应后的熔渣和气体从熔化的金属

中排出。熔渣盖在焊缝的表面，冷凝后成为渣壳。气体从熔池中排出既减少焊缝生成气孔的可能性，又防止空气的侵入。随着电弧的移动，焊件和焊条金属不断地熔化形成新的熔池。原先的熔池则不断地冷却凝固，形成连续的焊缝，如图8-1所示。

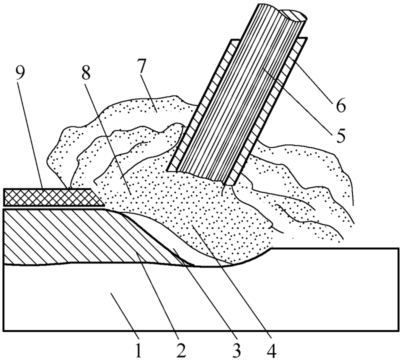


图8-1 电焊焊接过程
1—焊件 2—焊缝 3—熔池
4—金属熔滴 5—焊芯 6—焊条药皮
7—气体 8—液态熔渣 9—焊渣

4）焊接电弧：焊接电弧就是在焊条和焊件间的气体介质中，产生强烈而持久的放电现象，如图8-2所示。

5）电弧的构造，如图8-3所示。

阴极区：阴极区温度约2400℃。

阳极区：阳极区温度约2600℃。

弧柱：弧柱的温度约6000～8000℃。

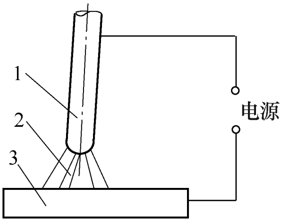


图8-2 电弧示意图
1—焊条 2—电弧 3—焊件

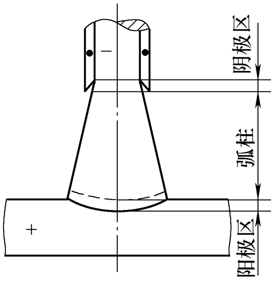


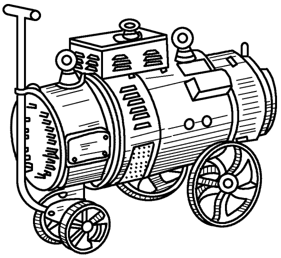
图8-3 电弧的构造

6）直流弧焊机（图8-4和图8-5）的接法。

正接法：焊件接正极、焊条接负极，得到的热量高，适用于厚板的焊接。

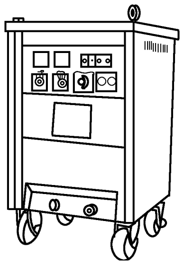
反接法：焊件接负极、焊条接正极，得到的热量低，适用于薄板的焊接。

7）交流焊机：电源极性是交变的，电极上产生的热量相同，不存在正反接。



特点：坚固、电流稳、耗电、噪声大

图 8-4　AX—320 型弧焊机



特点：质量轻、节电、高效、应用广

图 8-5　ZX5—400 型晶闸管整流弧焊机

8）焊条的组成。

焊芯：用于导电，熔化后成为填充材料。

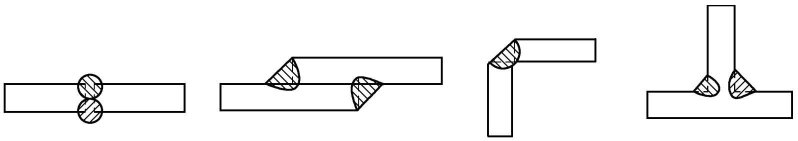
药皮：药皮起到稳弧、造气、造渣、防止空气侵入熔池的作用。

9）焊条的种类：根据焊条药皮的性质不同，焊条可以分为酸性焊条和碱性焊条两大类。药皮中含有多量酸性氧化物（TiO_2、SiO_2等）的焊条称为酸性焊条；药皮中含有多量碱性氧化物（CaO、Na_2O 等）的称为碱性焊条。酸性焊条能交直流两用，焊接工艺性能较好，但焊缝的力学性能，特别是冲击韧度较差，适用于一般低碳钢和强度较低的低合金结构钢的焊接，是应用最广的焊条。碱性焊条脱硫、脱磷能力强，药皮有去氢作用，焊接的接头含氢量很低，故又称为低氢型焊条。碱性焊条的焊缝具有良好的抗裂性和力学性能，但工艺性能较差，一般用直流电源施焊，主要用于重要结构（如锅炉、压力容器和合金结构钢）的焊接。

10）焊条的选择：按母材的化学成分和力学性能来选，或按工件的工作条件和使用性能来选。如不锈钢件的焊接选不锈钢焊条，铸铁件的焊接选铸铁焊条。

11）焊条（焊芯）直径：焊条的直径一般为 1.6 ~ 8mm，常用的焊条直径为 3.2mm。焊件的厚度大则选大直径焊条，焊件的厚度小要选择小直径焊条。

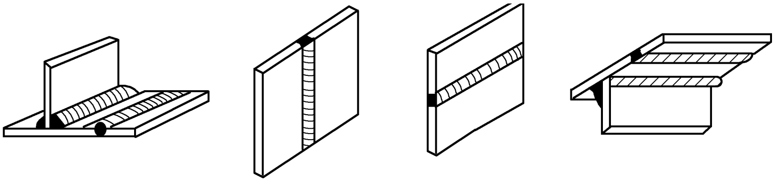
12）焊接接头的形式：接头的形式有对接、搭接、角接和T形接头四种，如图8-6所示。



a) 对接　b) 搭接　c) 角接　d) T形接头

图8-6　接头的形式

13）焊缝的空间位置：空间位置有平位、立位、横位和仰位四种，如图8-7所示。



a) 平焊缝　b) 立焊缝　c) 横焊缝　d) 仰焊缝

图8-7　焊缝的空间位置

4. 焊条电弧焊的引弧和运条的方法（图8-8和图8-9）

（1）引弧

焊条电弧焊的引弧方法有直击法和划擦法两种。直击法撞击后，要提起一定距离，划擦法容易打火，但损伤焊件表面。若焊条粘在焊件上，要迅速左右摆动焊钳，使焊条与焊件脱离。

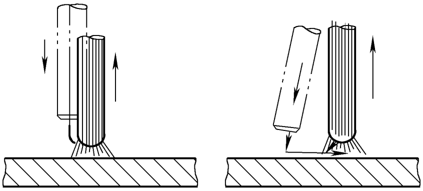
（2）运条

向熔池方向进给，速度适当（焊条熔化后变短，进给速度慢会断弧）。

沿焊接方向移动，形成焊缝（速度过快则焊不透、过慢则焊件受热变形或烧穿）。

作横向摆动，电弧搅拌熔池，使气体和熔渣浮出，以保证焊缝的质量，得到一定宽度的焊缝。摆动的幅度视焊缝的宽度而定，窄焊缝

可以不作横向摆动。



a) 直击法　　b) 划擦法

图 8-8　引弧的方法

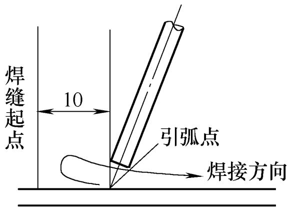


图 8-9　引弧位置示意图

5. 焊接应力与变形简介

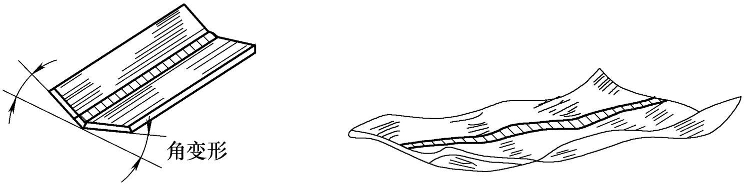
1）内力：物体受外力的作用时，其内部产生抵抗外力的力，称为内力。

2）应力：物体单位面积上所承受的内力称为应力。

3）焊接应力：因焊接而产生的应力称为焊接应力。

4）变形：物体受到作用力时，发生尺寸、形状的改变称为变形。

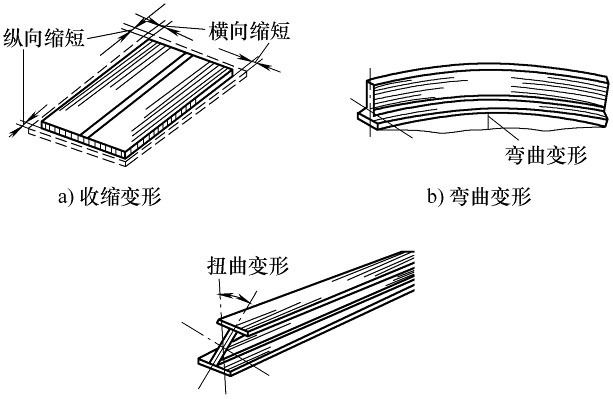
5）局部变形：局部变形指构件某一部分的变形，如图 8-10 所示。



a) 角变形　　b) 波浪变形

图 8-10　局部变形

6）整体变形：整体变形指整个构件的形状和尺寸发生变化，如图 8-11 所示。

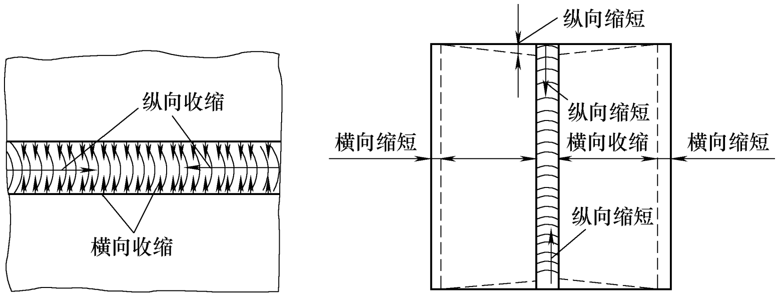


a) 收缩变形　b) 弯曲变形　c) 扭曲变形

图 8-11　整体变形

6. 焊接应力与变形产生的原因

焊接过程中工件的局部受热不均匀，焊缝及焊缝附件的金属受热膨胀及冷却后收缩的量不均匀，使焊件发生变形，如图 8-12 所示。



a) 纵横向收缩　b) 焊件的变形

图 8-12　焊缝的纵横向收缩与变形

7. 减少焊接变形的方法

在同一焊接结构上存在许多条焊缝，采用合理的焊接顺序及方法会使结构的变形最小。

1）对称焊接：焊接件为对称结构时，两个焊工对称焊，产生的

变形可以互相抵消，如图 8-13 所示。

2）不对称的结构：先焊接缝少的一侧，后焊接缝多的一侧，这样能减少焊接变形，如图 8-14 和图 8-15 所示。

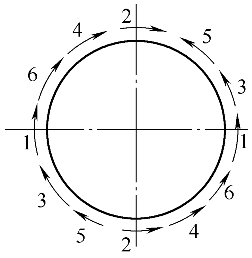


图 8-13　圆筒体对称焊接顺序
（两端到上部，下部到两端）

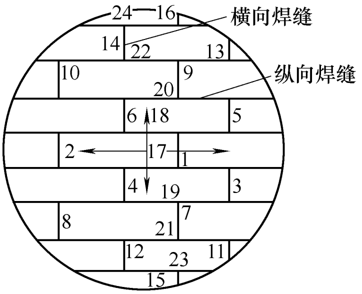
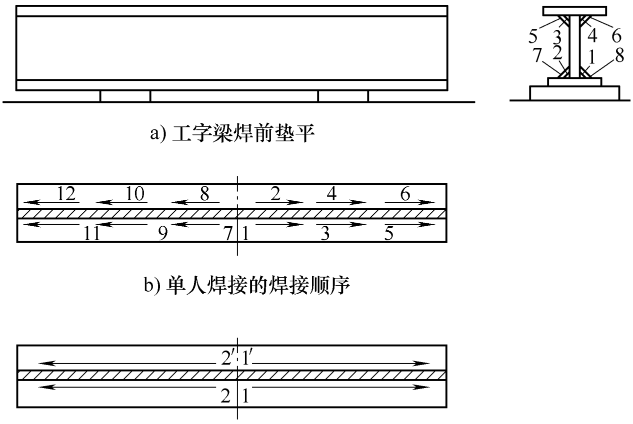


图 8-14　大型容器底板拼接的焊接顺序
（先竖直后水平、先中间后两边、对称进行）



a) 工字梁焊前垫平

b) 单人焊接的焊接顺序

c) 双人焊接的焊接顺序

图 8-15　工字梁的焊接顺序

3）采用适当的焊接顺序，分段焊接，尽量不要一次焊到底，那样会产生较大的变形，如图 8-16 所示。

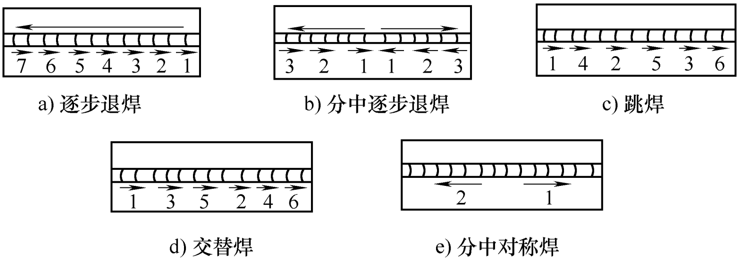


图 8-16　采用不同焊接顺序的对接焊缝

4）反变形法：焊前向焊后变形方向的反方向进行人为的变形，达到与焊接变形互抵的目的，但要测好反变形量，如图 8-17 和图8-18所示。

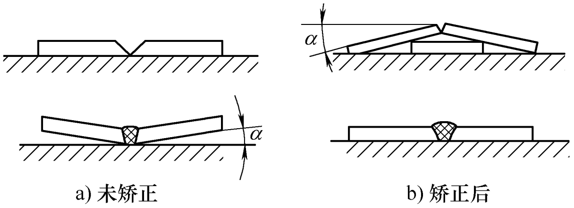


图 8-17　钢板对接时的反变形法

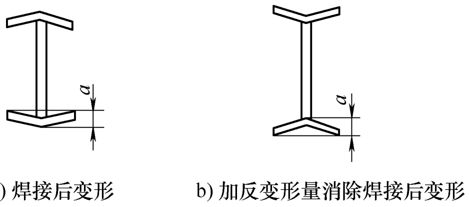


图 8-18　焊接工字梁时的反变形法

5）刚性固定法：刚性固定就是采用强制手段来提高构件的刚性，减小焊接后的变形。用此方法，需在焊件完全冷却后，才能撤去固定夹具，常用的方法有利用重物固定（图 8-19）、定位焊固定、夹具固定（图 8-20）、加临时支撑固定（图 8-21、图 8-22）。需要注意，刚性固定法只适用于焊接性较好的焊件，对于焊接性较差的中碳钢及合金钢，不宜采用刚性固定法焊接，以免产生裂纹。

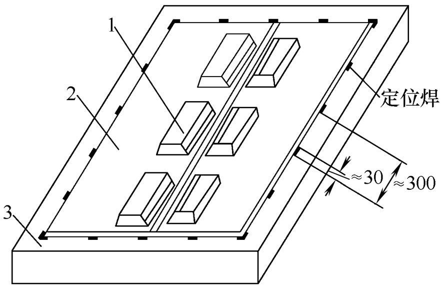


图 8-19　拼接薄板用重物固定防止波浪变形
1—压铁　2—焊件　3—平台

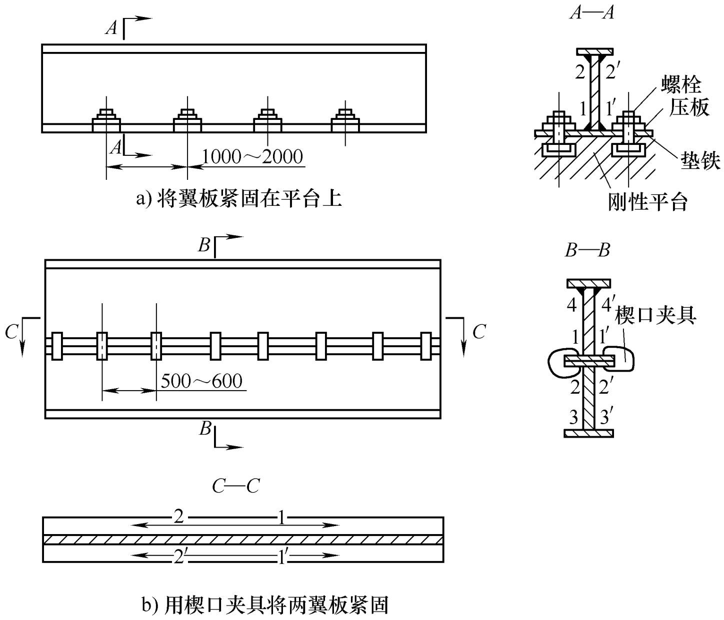


图 8-20　工字梁用刚性夹紧的方式进行焊接

8. 矫正工件变形的方法

1）采用机械矫正，机械矫正一般包括液压机矫正和千斤顶矫正，如图 8-23 所示。

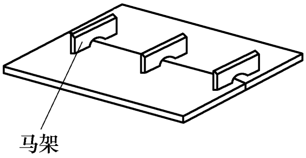


图 8-21 钢板对接时加“马架”固定

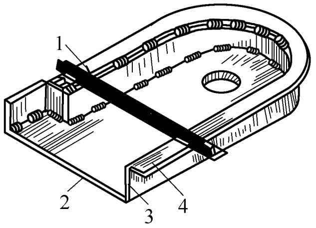


图 8-22 防护罩焊接时用临时支撑刚性固定
1—临时支撑 2—底平板
3—立板 4—圆周法兰盘

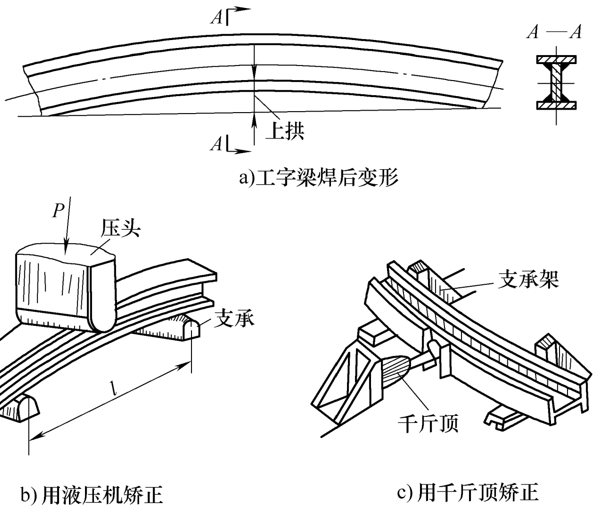


图 8-23 工字梁焊后变形的机械矫正

2）采用火焰和外力结合的方法进行矫正，如图 8-24 所示。火焰的位置是加热需要矫正的部位，利用金属热胀冷缩的特性，冷却后该处就会收缩。

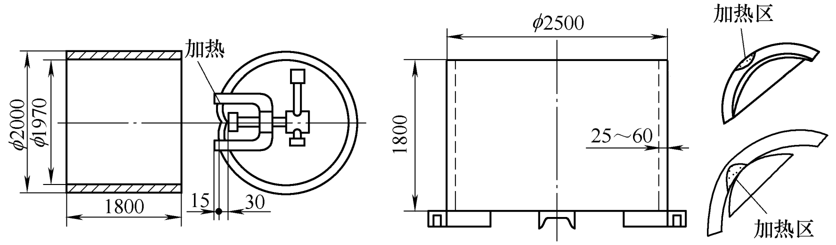
9. 矫正箱形梁的具体方法（图 8-25）

1）箱形梁上拱：加热上拱部分的腹板和翼板，再配合外力进行矫正。

2）箱形梁旁弯：加热上拱部分的两翼板，再配合外力进行

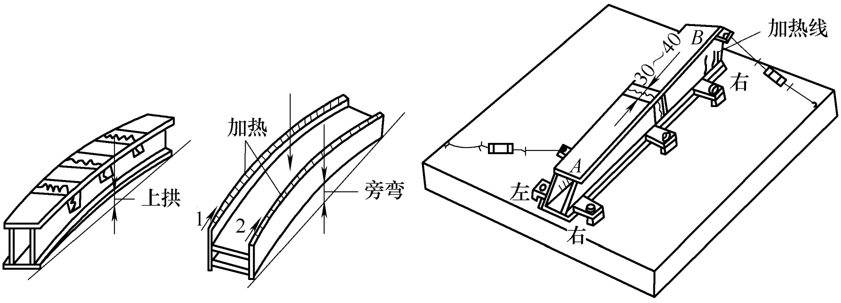
矫正。

3）箱形梁扭曲：中部腹板加热，加热后马上拧紧螺栓来进行矫正。



a) 筒体内凹变形的矫正　　b) 筒体圆度的矫正

图 8-24　筒体变形的矫正



a) 上拱的矫正　　b) 旁弯的矫正　　c) 扭曲的矫正

图 8-25　箱形梁焊后变形的火焰矫正

10. 转炉风管的火焰矫正（图 8-26）

1）组成结构：由总管和支管焊接而成。

2）变形原因：支管位于总管的一侧，焊后易发生向下的弯曲变形。

3）矫正方法：采用火焰矫正，加热的位置选在支管相对的一侧，用三角形加热法。加热的范围为总管的 120°所对应的弧长，温度约 800℃，分 5 处加热。

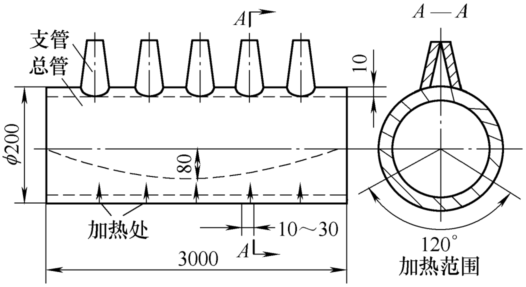


图 8-26　转炉风管的火焰矫正

项目 2　埋　弧　焊

埋弧焊的工艺：

1）对接好的焊件坡口处放入焊丝，如图 8-27 所示。将粒状的焊剂均匀地覆盖在焊丝上 30～50mm 厚，送丝机构将焊丝连续送进，焊丝在焊剂层下与焊件的接缝间产生电弧。电弧热量使焊丝、焊剂和焊件接缝处金属迅速熔化，从而形成金属熔池和熔渣。

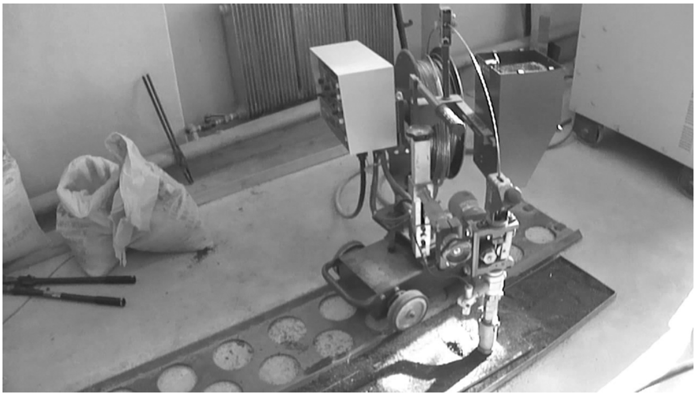


图 8-27　埋弧焊过程

2）小车只能沿轨道直行，埋弧焊只能平焊长直缝和较大直径的环缝。埋弧焊引弧和熄弧过程需要在另配的钢板上完成，以免产生气

孔和夹渣等缺陷。

项目3 氩 弧 焊

氩弧焊简介：

1）氩弧焊是利用氩气作为保护气体的电弧焊。按操作的方式可分为手工氩弧焊、半自动氩弧焊和自动氩弧焊。

2）氩弧焊是利用钨电极与焊件产生的电弧热熔化母材和填充金属的焊接方法。

3）氩弧焊焊缝的熔池浅，只用于焊接厚度小于6mm的焊件（最适宜焊接3mm以下的薄板结构件），对于厚度大的结构件，可以用氩弧焊打底。

4）氩弧焊可以焊接碳钢、不锈钢、耐热钢及有色金属。操作者一手拿焊枪，另一手拿焊丝，如图8-28所示。焊接过程中要始终保持高温焊丝端头处于氩气的保护区，不被空气污染。不能触及钨极，以免造成钨极烧损，焊丝要对准熔池均匀平稳地送进。

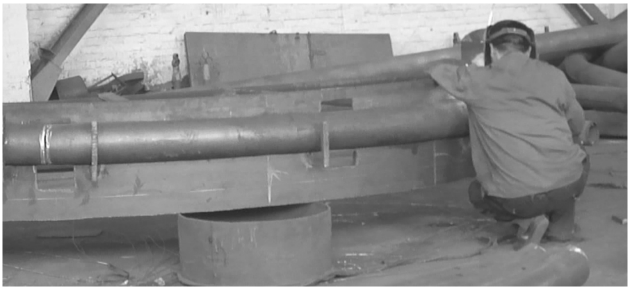


图8-28 用氩弧焊接半管的环缝

项目4 CO_2气体保护焊

CO_2气体保护焊简介：

1）CO_2气体保护焊是以CO_2气体作为保护气体的电弧焊，简称CO_2焊。它用焊丝做电极，靠焊丝和焊件间产生的电弧熔化焊件局部

金属与焊丝，广泛地应用于低碳钢和低合金钢的焊接。能够焊接1mm左右的薄板。焊机的外观如图8-29所示。

2）压力表显示瓶内CO_2的压力，流量计显示的是输出CO_2气体的流量，如图8-30所示。

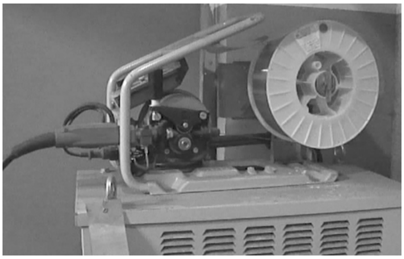


图8-29 焊机（上部装好盘圈焊丝）

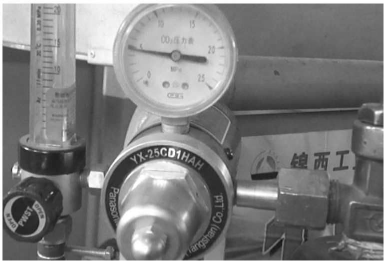


图8-30 CO_2气瓶的压力表及流量计

3）用扳手打开装CO_2气体的瓶阀，依据焊接材料的板厚调整好流量，焊丝伸出的长度要适当，如图8-31所示。

4）焊丝的运动方式：焊枪沿焊接的方向从左向右移动为右焊法，反之为左焊法。两者的焊枪与工件的表面方向均成10°~15°夹角，焊接时焊丝也要具有三个方向的移动。

5）焊接的过程中，焊丝的末端、电弧及熔池金属均被CO_2气体所包围，防止空气侵入熔池，如图8-32所示。焊缝光滑美观，抗裂性较好。

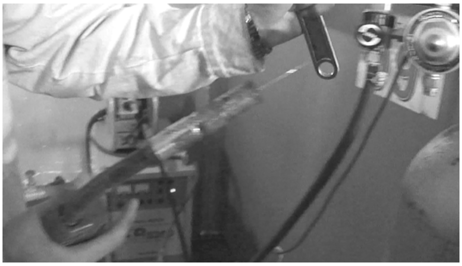


图8-31 调整好流量和焊丝的长度

图8-32 CO_2气体保护焊

项目5 电 阻 焊

电阻焊简介：

1）点焊机的外观结构如图8-33所示，结构的上部探出双触点，下面是脚踏开关。

2）电流通过两个被焊工件的接触处产生电阻热，将该处的金属迅速加热到塑性状态或熔化状态，然后对焊件施加一定的压力，使焊件的结合面焊接一起。

3）点焊工件的焊接接头多为搭接，且在接头的一面上形成焊点，如图8-34所示。

图8-33 点焊机的外观结构

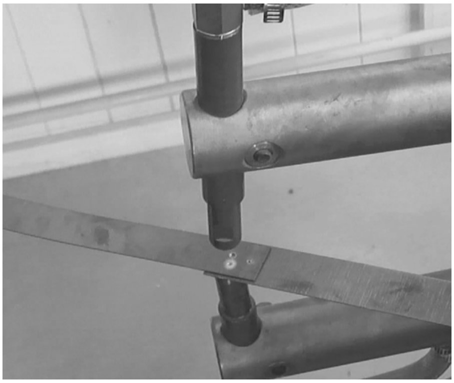


图8-34 点焊搭接的薄板

项目6 手 工 锯 削

手工锯削简介：

1）用划针按图样的要求在板料的表面划线，将板料划线处涂抹白粉笔，使划针的痕迹能够看得更清晰，如图8-35所示。

2）用台虎钳夹好板料后，按照划线的痕迹进行锯削，推锯时压

力不能过大，当锯条退回时，不加压力，还要把锯架微微地抬高，以减少锯齿的磨损。在快要锯断时，推锯的速度要较慢，压力应减小，如图 8-36 所示。

图 8-35 用划针在板料上画线

图 8-36 用台虎钳夹好板料进行锯削

项目 7 攻螺纹与套螺纹

阐述说明

用丝锥在工件内部的孔中加工出内螺纹称为攻螺纹，用板牙在管子或圆钢的外部加工出螺纹称为套螺纹。攻螺纹和套螺纹是钳工、也是管工的重要工作内容之一。

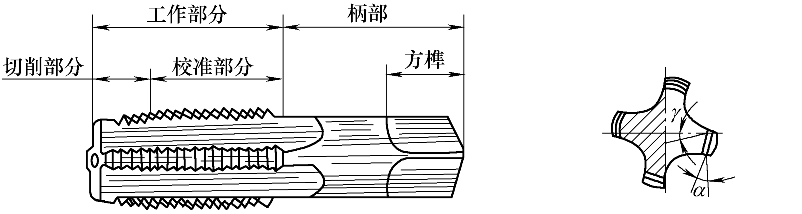
一、攻螺纹简介

1. 丝锥及铰杠

1）丝锥的结构如图 8-37 所示。

2）丝锥有两支一套和三支一套，目的是将切削量分配给几支丝锥承担，以提高丝锥的耐用度，如图 8-38、图 8-39 所示。

3）铰杠是用来夹持丝锥柄部的方榫，带动丝锥旋转切削，如图 8-40所示。



a) 外形　　b) 切削部分和校准部分的角度

图 8-37　丝锥

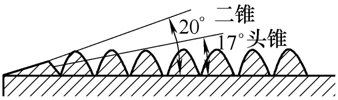


图 8-38　两支一套丝锥

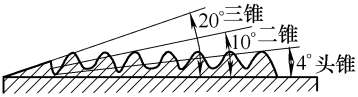
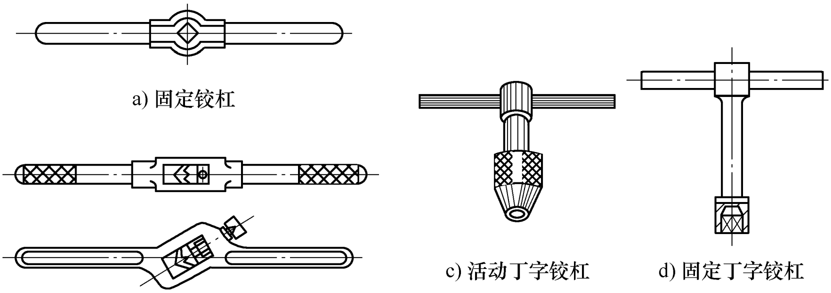


图 8-39　三支一套丝锥



a) 固定铰杠　　b) 活动铰杠　　c) 活动丁字铰杠　　d) 固定丁字铰杠

图 8-40　铰杠

2. 攻螺纹的方法

1）底孔直径：

$$D=d-P$$（适用于塑性材料，如钢材）

$$D=d-(1.05\sim1.1)P$$（适用于脆性材料，如铸铁）

式中　D——底孔直径（mm）；

d——螺纹大径（mm）；

P——螺距（mm）。

2）利用攻螺纹的导向起削工具，如图 8-41 所示。

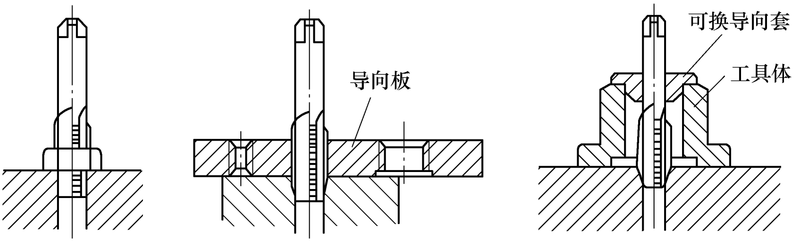


图 8-41 攻螺纹导向起削工具

3）工件夹持固定，丝锥放正，垂直工件，如图 8-42 所示。

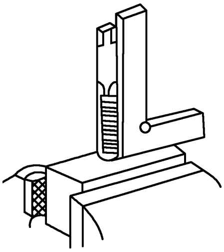


图 8-42 用直角尺观测丝锥的位置

4）转动铰杠对丝锥均匀加力，攻螺纹的基本步骤如图 8-43 所示。

5）攻螺纹时，丝锥与材料之间发生挤压，如图 8-44 所示。因此每攻 1～2 圈，要反转 1/4 圈，利于断屑，防止卡住丝锥造成折断。

6）换新丝锥时，要用手将丝锥旋入已攻出的螺纹孔中，然后用铰杠转动。

7）末锥没攻完需退出时，要用手旋出，使攻好的螺纹质量不受影响。

8）脆性（铸铁）材料在攻螺纹的过程中，可以用机油润滑。

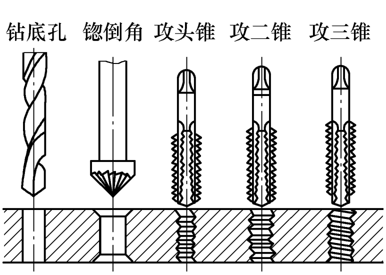


图 8-43 攻螺纹的基本步骤

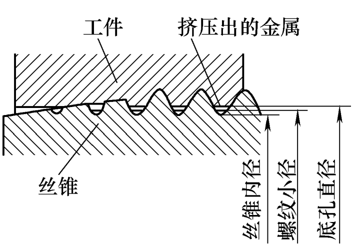


图 8-44 攻螺纹时的挤压现象

二、套螺纹简介

1. 圆板牙结构和圆板牙架

如图 8-45 和图 8-46 所示。

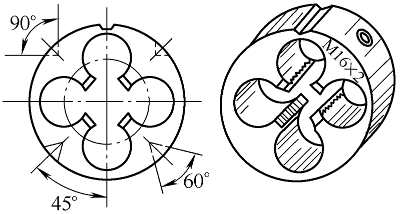


图 8-45　圆板牙结构

图 8-46　圆板牙架

2. 套螺纹的方法（图 8-47）

1）将板牙装入铰杠。

2）确定套螺纹圆杆直径

$$D = d - 1.3P$$

式中　D——圆杆直径（mm）；

d——螺纹大径（mm）；

P——螺距（mm）。

3）套螺纹圆杆的端头需倒角 15°～20°，以利于板牙切入。

4）工件装夹、紧固好。

5）板牙的端面与工件的轴线垂直，加压力顺时针扳动铰杠。

6）切入两个牙后，不加压力，但要不时反转，使切屑破碎排除。

7）循序渐进地进行，以免损坏工具或工件。

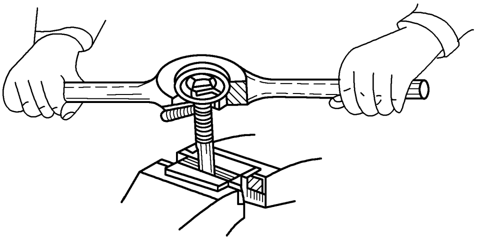


图 8-47　套螺纹的示意图

3. 套丝机

1）套丝机是由机体、电动机、减速箱、管子卡盘、板牙头、割刀架、进刀装置、冷却系统组成，如图 8-48 所示。这是 2 英寸[㊀]套丝机（50 型），加工范围为 1/4 ~2 英寸。

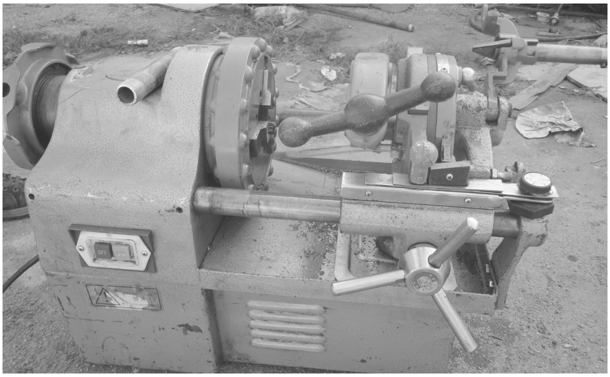


图 8-48　ZIT—R2C 电动切管套丝机

2）套丝机具有管子切断功能：把管子放入管子卡盘，撞击卡紧，起动开关，放下进刀装置上的割刀架，扳动进刀手轮，使割刀架上的刀片移动至想要割断的位置，渐渐旋转割刀上的手柄，使刀片挤压转动的管子，管子转动四五圈后被刀片挤压切断，如图 8-49 所示。

图 8-49　用割刀切断管子

㊀ 英寸（in）为非法定计量单位，1in = 0.0254m。

3）将要加工螺纹的管子放进管子卡盘，撞击卡紧，按下起动开关，管子就随卡盘转动起来，调节好板牙头上的板牙开口大小，设定好螺扣长短，然后顺时针扳动进刀手轮，使板牙头上的板牙刀以恒力贴紧转动的管子的端部，板牙刀就自动切削套螺纹，如图 8-50 所示。同时冷却系统自动为板牙刀喷油冷却，等螺扣加工到预先设定的长度时，板牙刀会自动张开，如图 8-51 所示。螺扣加工结束，关闭电源，撞开卡盘，取出管子。

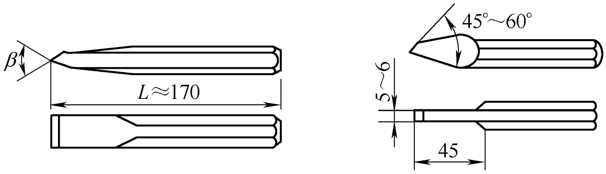
图 8-50　用板牙刀套螺纹（抬起割刀架）

图 8-51　套螺纹完毕后板牙刀自动张开

项目8　錾　　削

1. 錾子及修磨

1）錾子有扁錾和窄錾两种，是用工具钢 T8 或 65Mn 制成，扁錾用来切断薄板和錾削坡口，窄錾子用来錾削沟槽和挑焊根，如图8-52所示。



a) 偏錾　　b) 窄錾

图 8-52　錾子

2）刃磨时錾子切削刃要高于砂轮的中心，如图 8-53 所示。

3）加在錾子上的压力要适当。

4）刃磨时要经常蘸水，以防退火。

5）刃磨后要进行热处理。

2. 錾削方法

握錾子的方法如图 8-54 所示。錾子錾削时的倾斜角度如图 8-55 所示。錾削工件的情况如图 8-56 所示。

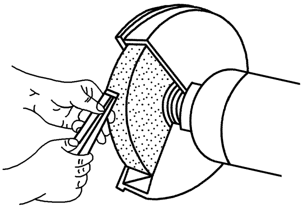
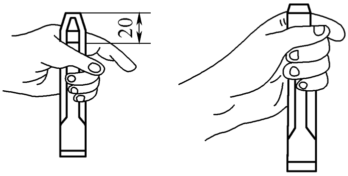


图 8-53　錾子的刃磨



a) 正确　　b) 不正确

图 8-54　握錾子方法

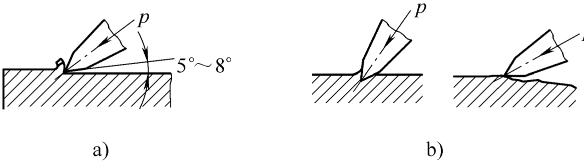


图 8-55　錾子的倾斜角度

图 8-56　錾削薄板

项目 9　锉　　削

1. 锉刀的使用与保养

1）锉刀用完后要用钢丝刷清除铁屑，防止腐蚀锉刀。

2）要用完一面再用另一面，延长锉刀的使用寿命。

3）锉刀不能沾水沾油，不能当锤来敲打。

2. 锉削方法

1）握锉刀的方法如图 8-57 所示。

2）锉削过程中的姿势和锉刀的位置如图 8-58、图 8-59、图 8-60 所示。

3）锉削时脚要站稳，开始时用右手推，左手压。中途时要保持锉刀水平，返回时左手不用力。

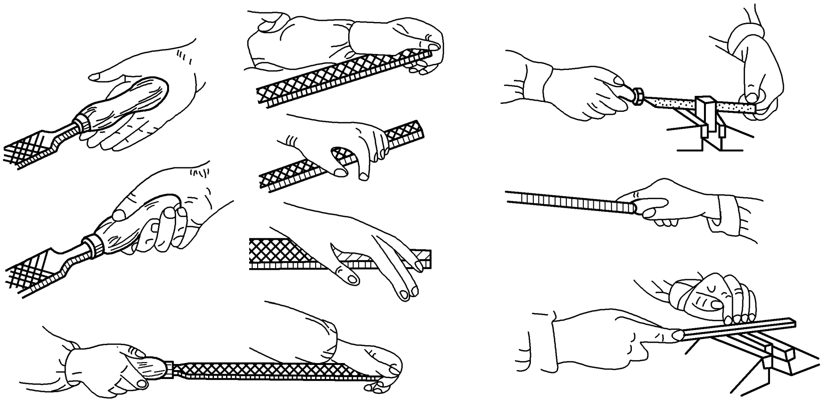


图 8-57 握锉刀的方法

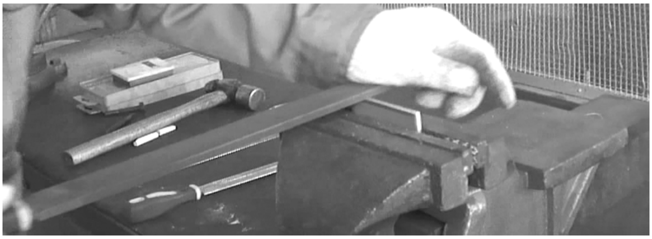


图 8-58 锉刀开始位置

图 8-59 锉削过程中的位置

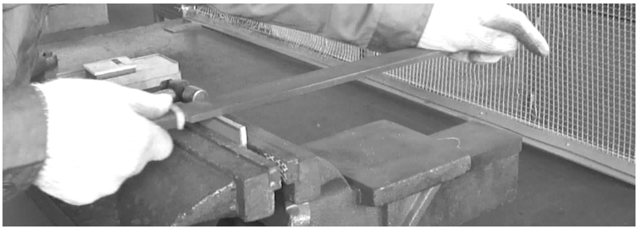


图 8-60　锉削结束时的位置

4）交叉锉如图 8-61 所示，锉刀与工件的接触面积大，锉刀好掌握，容易把工件锉平，效率高。顺向锉如图 8-62 所示，锉痕正直，但锉出平整的平面难，效率低。

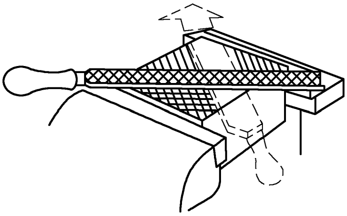


图 8-61　交叉锉

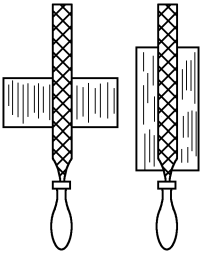


图 8-62　顺向锉

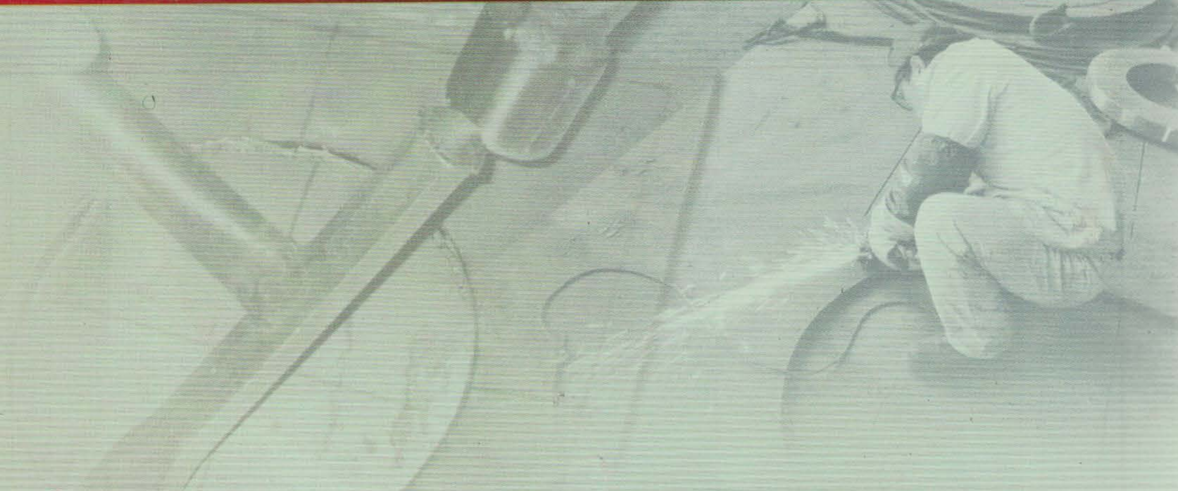
—— 本书特色 ——

视听学习 —— 您想了解冷作钣金是怎么回事吗？您想知道钢结构产品是怎样制造出来的吗？请打开本书对照视频光盘寻找答案吧！这是一本带您轻松认知冷作钣金知识的视听科普读物。

图解技能 —— 本书采用工厂实际生产中生动的实例图片，图解冷作钣金的基本知识和基本技能，同时配备的视频光盘使得枯燥乏味的专业知识变得图文并茂、直观易学，激发您的学习兴趣，让您在视听中轻松地掌握冷作钣金工的知识。

内容实用 —— 全书共分八个模块，内容包括冷作钣金工必备的基本知识、冷作钣金工认知入门、放样与号料、钢材的切割和预加工、钢材的弯曲、零件的连接、装配、冷作钣金工的相关知识。

适用对象 —— 本书非常适合冷作钣金工自学，还可作为职业技能培训学校和技校、职业技术学校的实习教材，同时还可供相关专业的工程技术人员和管理人员了解冷作钣金知识使用。



○ ISBN 978-7-111-35992-0
○ ISBN 978-7-89433-231-8（光盘）
○ 策划编辑：何月秋
○ 封面设计：马精明

上架指导：工业技术/机械工程/冷作钣金

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

定价：35.00元（含1VCD）

ISBN 978-7-111-35992-0
9 787111 359920 >